This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

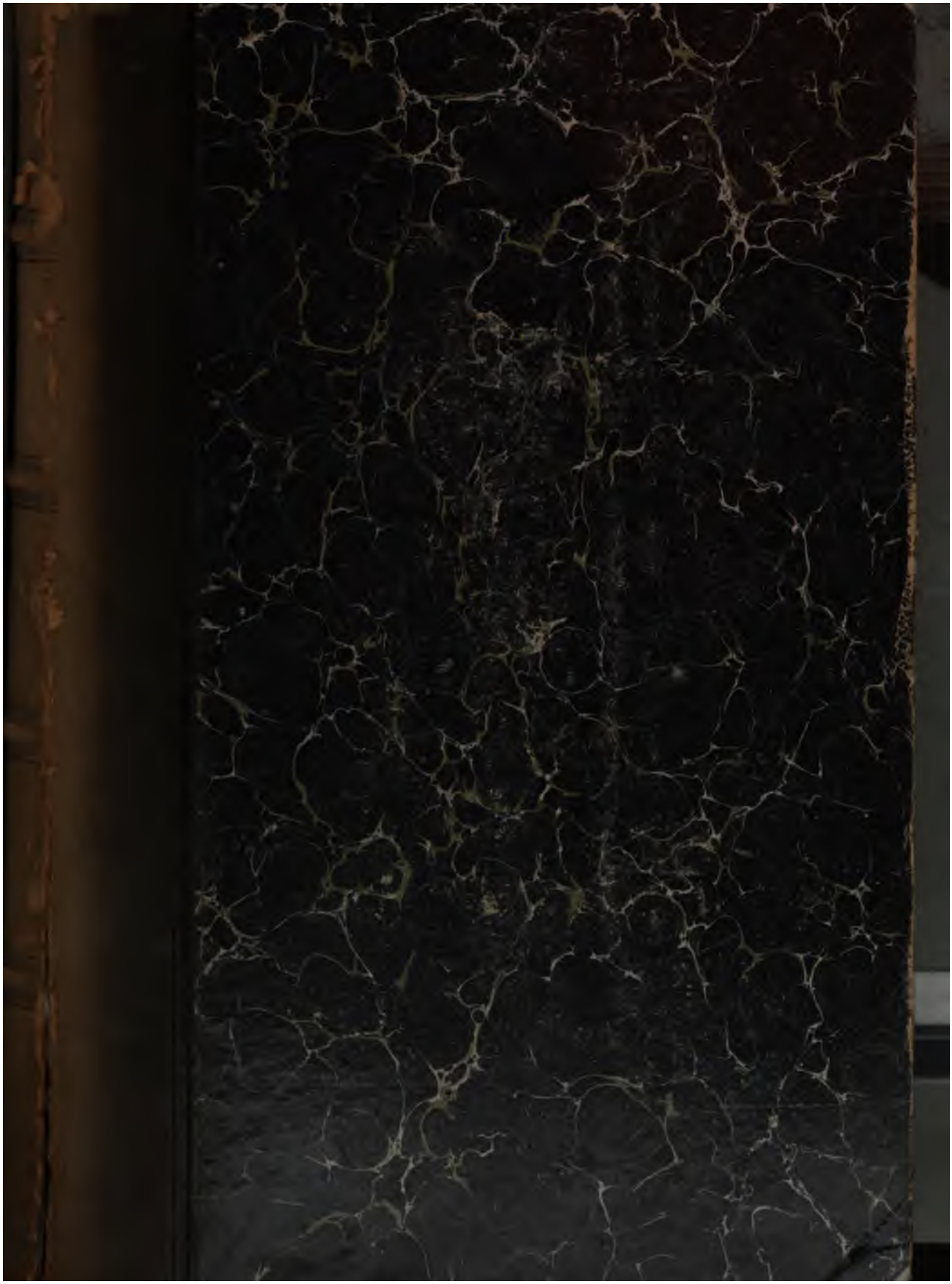
+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

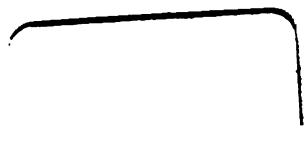
+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

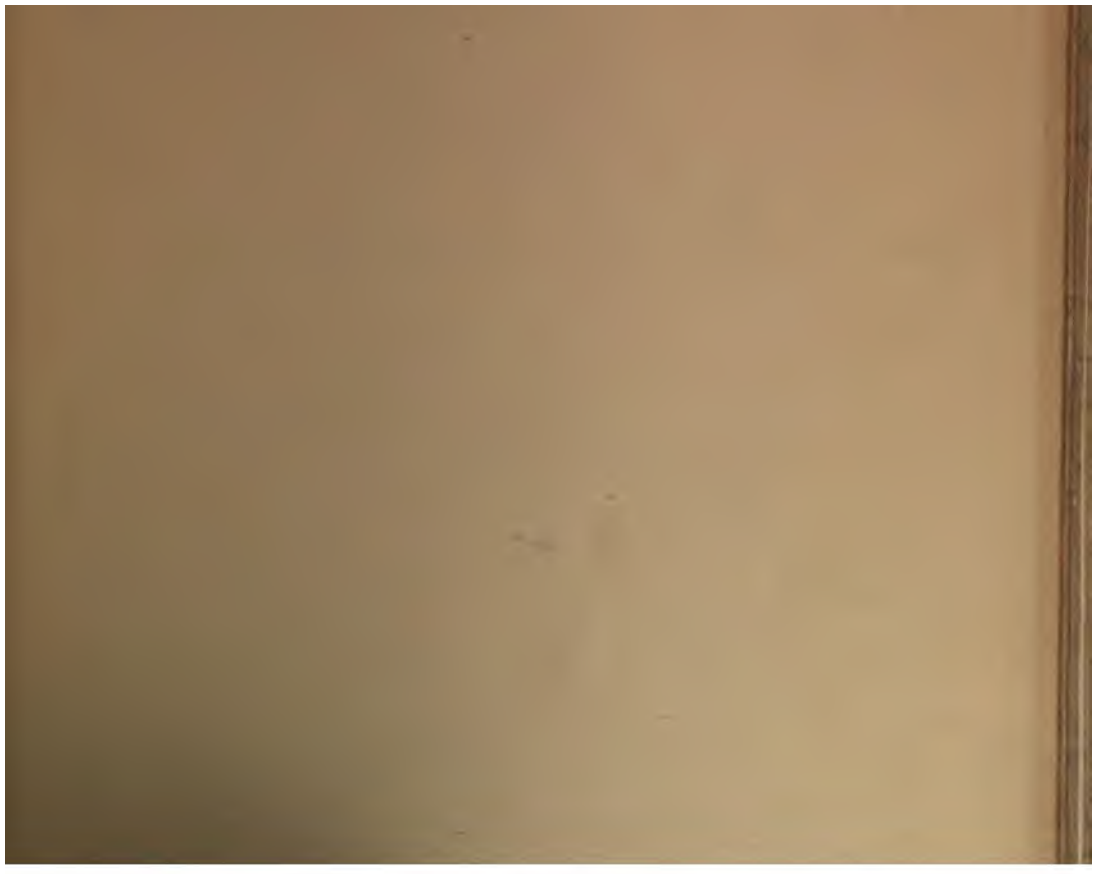
+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

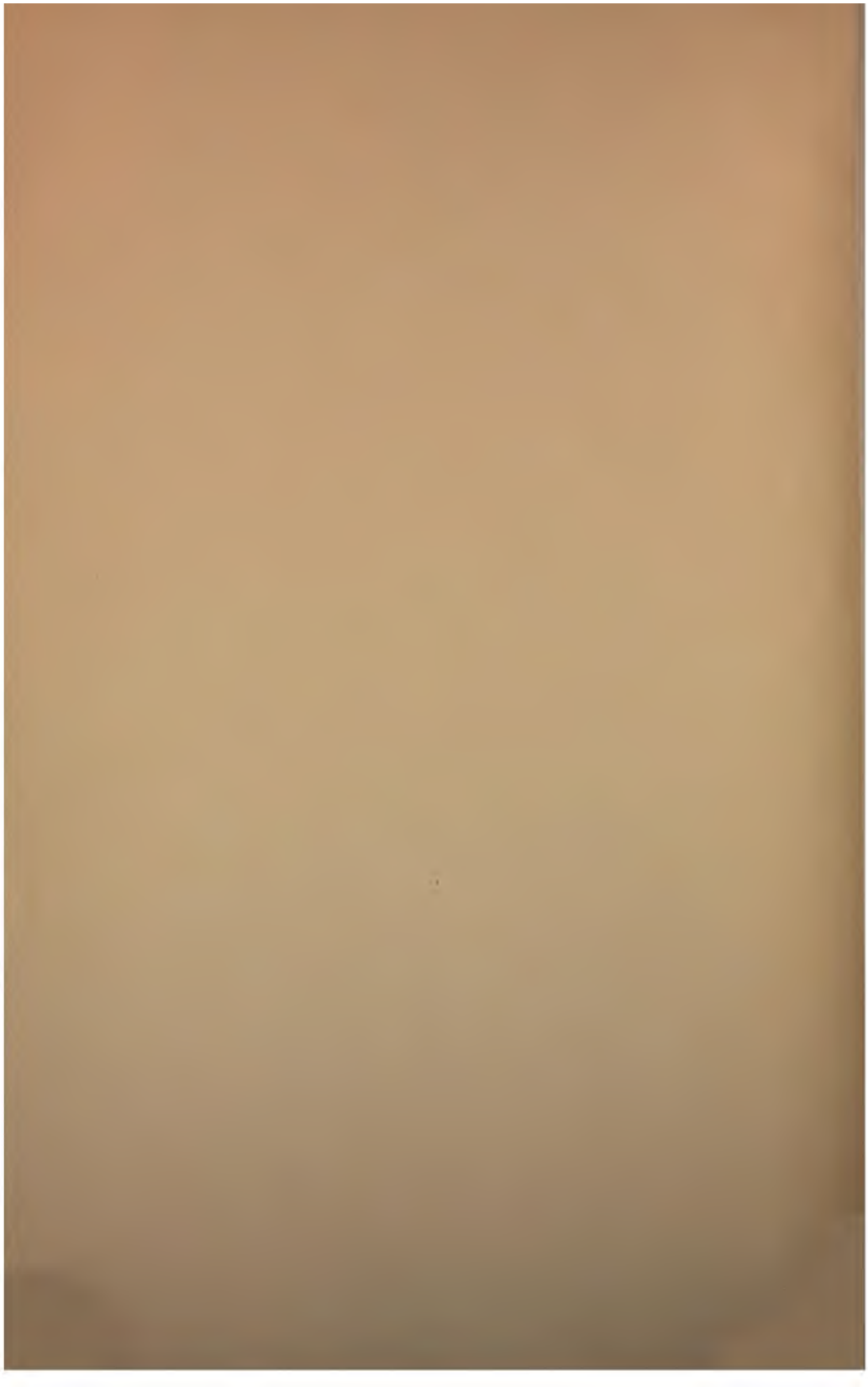
Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.









SITZUNGSBERICHTE

DER

KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE CLASSE.

NEUNUNDSECHZIGSTER BAND.

WIEN.

AUS DER K. K. HOF- UND STAATSDRUCKEREI.

IN COMMISSION BEI CARL GEROLD'S SOHN,

BUCHHÄNDLER DER KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

1874.

SITZUNGSBERICHTE

DER

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHEN CLASSE

DER KAISERLICHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

LXIX. BAND. II. ABTHEILUNG.

JAHRGANG 1874. — HEFT I BIS V.

(Mit 16 Tafeln.)

WIEN.

AUS DER K. K. HOF- UND STAATSDRUCKEREI.

IN COMMISSION BEI CARL GEROLD'S SOHN,

BUCHHÄNDLER DER KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

1874.

K.

171790

STANFORD LIBRARY

INHALT.

Seite

I. Sitzung vom 8. Jänner 1874: Übersicht 3

Exner, Über Lösungsfiguren an Krystallflächen. [Preis: 10 kr. = 2 Ngr.] 6

Stern, Weitere Beiträge zur Theorie der Schallbildung. (Mit 1 Holzschnitt.) [Preis: 25 kr. = 5 Ngr.] 15

II. Sitzung vom 15. Jänner 1874: Übersicht 52

Schneider, Chemische Analyse der euganäischen Thermen von St. Helena bei Battaglia. [Preis: 15 kr. = 3 Ngr.] . . . 55

— Untersuchung der Thermen von Trentschin-Teplitz und des Säuerlings von Kubra. [Preis: 20 kr. = 4 Ngr.] . . 72

Lippich, Bemerkung zu einem Satze aus Riemann's Theorie der Functionen einer veränderlichen complexen Grösse. [Preis: 10 kr. = 2 Ngr.] 91

III. Sitzung vom 22. Jänner 1874: Übersicht 100

Exner, Über die Abhängigkeit der Elasticität des Kautschuks von der Temperatur. (Mit 2 Holzschnitten.) [Preis: 15 kr. = 3 Ngr.] 102

Durège, Zur *Analysis situs* Riemann'scher Flächen. (Mit 1 Tafel.) [Preis: 15 kr. = 3 Ngr.] 115

Mach, Versuche über den Gleichgewichtssinn. (Zweite Mittheilung.) [Preis: 15 kr. = 3 Ngr.] 121

IV. Sitzung vom 5. Februar 1874: Übersicht 139

Puschl, Bemerkung zur specifischen Wärme des Kohlenstoffes. [Preis: 5 kr. = 1 Ngr.] 142

V. Sitzung vom 12. Februar 1874: Übersicht 148

Dvořák, Über die Leitung des Schalles in Gasen. (Mit 4 Holzschnitten.) [Preis: 15 kr. = 3 Ngr.] 151

Stefan, Zur Theorie der magnetischen Kräfte. (Mit 1 Holzschnitt.) [Preis: 30 kr. = 6 Ngr.] 165

VI. Sitzung vom 26. Februar 1874: Übersicht 213

Pelz, Die Axenbestimmung der Kegelflächen zweiten Grades. (Mit 1 Tafel.) [Preis: 30 kr. = 6 Ngr.] 215

Röntgen u. *Exner*, Über eine Anwendung des Eiscalorimeters zur Bestimmung der Intensität der Sonnenstrahlung. (Mit 1 Tafel.) [Preis: 20 kr. = 4 Ngr.] 228

171790

STANFORD LIBRARY

INHALT.

Seite

I. Sitzung vom 8. Jänner 1874: Übersicht 3

Exner, Über Lösungsfiguren an Krystallflächen. [Preis: 10 kr. = 2 Ngr.] 6

Stern, Weitere Beiträge zur Theorie der Schallbildung. (Mit 1 Holzschnitt.) [Preis: 25 kr. = 5 Ngr.] 15

II. Sitzung vom 15. Jänner 1874: Übersicht 52

Schneider, Chemische Analyse der euganäischen Thermen von St. Helena bei Battaglia. [Preis: 15 kr. = 3 Ngr.] . . . 55

— Untersuchung der Thermen von Trentschin-Teplitz und des Säuerlings von Kubra. [Preis: 20 kr. = 4 Ngr.] . . 72

Lippich, Bemerkung zu einem Satze aus Riemann's Theorie der Functionen einer veränderlichen complexen Grösse. [Preis: 10 kr. = 2 Ngr.] 91

III. Sitzung vom 22. Jänner 1874: Übersicht 100

Exner, Über die Abhängigkeit der Elasticität des Kautschuks von der Temperatur. (Mit 2 Holzschnitten.) [Preis: 15 kr. = 3 Ngr.] 102

Durège, Zur *Analysis situs* Riemann'scher Flächen. (Mit 1 Tafel.) [Preis: 15 kr. = 3 Ngr.] 115

Mach, Versuche über den Gleichgewichtssinn. (Zweite Mittheilung.) [Preis: 15 kr. = 3 Ngr.] 121

IV. Sitzung vom 5. Februar 1874: Übersicht 139

Puschl, Bemerkung zur specifischen Wärme des Kohlenstoffes. [Preis: 5 kr. = 1 Ngr.] 142

V. Sitzung vom 12. Februar 1874: Übersicht 148

Dvořák, Über die Leitung des Schalles in Gasen. (Mit 4 Holzschnitten.) [Preis: 15 kr. = 3 Ngr.] 151

Stefan, Zur Theorie der magnetischen Kräfte. (Mit 1 Holzschnitt.) [Preis: 30 kr. = 6 Ngr.] 165

VI. Sitzung vom 26. Februar 1874: Übersicht 213

Pelz, Die Axenbestimmung der Kegelflächen zweiten Grades. (Mit 1 Tafel.) [Preis: 30 kr. = 6 Ngr.] 215

Röntgen u. *Exner,* Über eine Anwendung des Eiscalorimeters zur Bestimmung der Intensität der Sonnenstrahlung. (Mit 1 Tafel.) [Preis: 20 kr. = 4 Ngr.] 228

Seite

Linnemann, Beiträge zur Feststellung der Lagerungsformel der Allylverbindungen und der Acrylsäure. II. Abtheilung: Über die bei mittlerer Temperatur in saurer Lösung stattfindende vollständige Hydrogenisation der Acrylsäure zu Propionsäure. [Preis: 20 kr. = 4 Ngr.] . . . 239

Topsöe, Krystallographisch-chemische Untersuchungen. (Mit 4 Tafeln.) VII. Reihe. [Preis: 75 kr. = 15 Ngr.] . . . 261

Puluj, Über die Reibungsconstante der Luft als Function der Temperatur. [Preis: 25 kr. = 5 Ngr.] 287

VII. Sitzung vom 12. März 1874: Übersicht 321

Puschl, Über Körperwärme und Ätherdichte. [Preis: 10 kr. = 2 Ngr.] 324

VIII. Sitzung vom 19. März 1874: Übersicht 334

Streintz, Über die Dämpfung der Torsionsschwingungen von Drähten. [Preis: 40 kr. = 8 Ngr.] 337

v. Oppolzer, Das Schaltbrett der österreichischen Gradmessung. (Mit 1 Tafel.) [Preis: 25 kr. = 5 Ngr.] 379

Weyr, Über Raumcurven siebenter Ordnung. [Preis: 15 kr. = 3 Ngr.] 399

IX. Sitzung vom 26. März 1874: Übersicht 416

Stark, Über die Bahnbestimmung des Planeten (100) Hecate. [Preis: 30 kr. = 6 Ngr.] 419

v. Lang, Über die Abhängigkeit des Brechungsquotienten der Luft von der Temperatur. (Mit 1 Tafel u. 1 Holzschnitt.) [Preis: 40 kr. = 8 Ngr.] 451

Morawski, Über chlorfreie Derivate der Monochlorcitramalsäure. [Preis: 20 kr. = 4 Ngr.] 469

X. Sitzung vom 16. April 1874: Übersicht 493

v. Escherich, Die Geometrie auf den Flächen constanter negativer Krümmung. (Mit 2 Holzschnitten.) [Preis: 25 kr. = 5 Ngr.] 497

Dvořák, Über einige neue Staubfiguren. (Mit 9 Holzschnitten.) [Preis: 20 kr. = 4 Ngr.] 527

Bittner, Beiträge zur Kenntniss des Erdbebens von Belluno vom 29. Juni 1873. (Mit 3 Tafeln.) [Preis: 1 fl. 50 kr. = 1 Thlr.] 541

XI. Sitzung vom 23. April 1874: Übersicht 638

Bericht der zur Begutachtung der Abhandlung des Herrn Hofrathes G. Wex, über die Wasserabnahme in den Quellen und Strömen eingesetzten Commission. [Preis: 15 kr. = 3 Ngr.] 642

Simony, Über Temperatur- und Tiefenverhältnisse des Königssees. [Preis: 25 kr. = 5 Ngr.] 655

Seite

Fritsch, Die Eisverhältnisse der Donau im Lande Österreich ob und unter der Enns in den Jahren 1868/9 bis 1872/3. (Mit 2 Tafeln.) [Preis: 75 kr. = 15 Ngr.] 677

XII. Sitzung vom 30. April 1874: Übersicht 710

Stefan, Versuche über die scheinbare Adhäsion. [Preis: 20 kr. = 4 Ngr.] 713

XIII. Sitzung vom 15. Mai 1874: Übersicht 739

Weidel, Über das Chinchonin. (Mit 2 Holzschnitten.) [Preis: 25 kr. = 5 Ngr.] 743

Weyr, Die Erzeugung der Curven dritter Ordnung mittelst symmetrischer Elementensysteme zweiten Grades. (Mit 1 Holzschnitte.) [Preis: 10 kr. = 2 Ngr.] 784

Boltzmann, Experimentelle Bestimmung der Dielektricitätsconstante einiger Gase. (Mit 1 Tafel.) [Preis: 40 kr. = 8 Ngr.] 795

v. Lang, Über Glycerin-Krystalle. (Mit 2 Holzschnitten.) [Preis: 5 kr. = 1 Ngr.] 814

v. Hauslab, Über die Naturgesetze der äusseren Formen der Unebenheiten der Erdoberfläche. [Preis: 10 kr. = 2 Ngr.] 816

XIV. Sitzung vom 21. Mai 1874: Übersicht 829

Wislicky, Über die Darstellung von Jod-Substitutionsproducten nach der Methode mit Jod und Quecksilberoxyd. [Preis: 10 kr. = 2 Ngr.] 832

Niemtschik, Über die Construction der Linien zweiter Ordnung, welche zwei, drei oder vier Linien derselben Ordnung berühren. (Mit 1 Tafel.) [Preis: 30 kr. = 6 Ngr.] . . . 845

[illegible], Zur Erklärung der periodischen Änderungen der Elemente des Erdmagnetismus. (Mit 5 Holzschnitten.) [Preis: 25 kr. = 5 Ngr.] 860

SITZUNGSBERICHTE

DER

KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE CLASSE.

LXIX. Band.

ZWEITE ABTHEILUNG.

1.

Enthält die Abhandlungen aus dem Gebiete der Mathematik, Physik, Chemie, Mechanik, Meteorologie und Astronomie.

I. SITZUNG VOM 8. JÄNNER 1874.

Der Secretär legt folgende eingesendete Abhandlungen vor:

„Normale Zeiten für den Zug der Vögel und verwandte Erscheinungen" vom Herrn Vice-Director K. Fritsch in Salzburg.

„Untersuchungen über die Tunicaten des Adriatischen Meeres", I. Abtheilung, vom Herrn Prof. Dr. Camil Heller in Innsbruck.

„Über die bei der sauren Reaction des Harns betheiligten Substanzen", von Herrn Dr. Jul. Donath, eingesendet durch Herrn Prof. R. Maly in Innsbruck.

Herr Dr. F. Exner legt eine Abhandlung: „Über Lösungsfiguren in Krystallflächen" vor.

Herr Prof. Dr. S. Stern überreicht eine Abhandlung, betitelt: „Weitere Beiträge zur Theorie der Schallbildung".

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Accademia Pontificia de' nuovi Lincei: Atti. Anno XXVI, Sessione 6ª. Roma, 1873; 4°.

Akademie der Wissenschaften, Königl. Preuss., zu Berlin: Monatsbericht. September & October 1873. Berlin; 8°.

American Chemist. Vol. IV, Nr. 6. Philadelphia, 1873; 4°.

— Journal of Science and Arts: IIIª Series. Vol. V, Nrs. 25—30; Vol. VI, Nrs. 31—34. New Haven, 1873; 8°.

Annalen der k. k. Sternwarte in Wien. Dritte Folge. XX. Band. Jahrgang 1870. Wien, 1873; 8°.

Apotheker-Verein, allgem. österr.: Zeitschrift (nebst Anzeigen-Blatt). 11. Jahrgang, 1873, Nr. 36; 12. Jahrgang, 1874, Nr. 1. Wien; 8°.

Bibliothèque Universelle et Revue Suisse: Archives des Sciences physiques et naturelles. N. P. Tome XLVIII, Nr. 191. Genève, Lausanne & Paris, 1873; 8°.

Breslau, Universität: Akademische Gelegenheitsschriften aus dem Jahre 1872/3. 4° & 8°.

Comitato, R. Geologico, d'Italia: Bollettino. Anno 1873, Nr. 11 & 12. Firenze, 1873; 8°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Tome LXXVII, Nrs. 23—25. Paris, 1873; 4°.

Cosmos di Guido Cora. V. Torino, 1873; 4°.

Gesellschaft für Meteorologie, österr.: Zeitschrift. VIII. Band, Nr. 24. Wien, 1873; 4°.

— geographische, in Wien: Mittheilungen. Bd. XVI (neuer Folge VI), Nr. 11. Wien, 1873; 8°.

— Senckenbergische naturforschende: Bericht. 1872—1873. Frankfurt a. M., 1873; 8°.

— Astronomische, in Leipzig: Vierteljahrsschrift. VIII. Jahrgang, 3. & 4. Heft. Leipzig, 1873; 8°.

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Wochenschrift. XXXIV. Jahrgang, Nr. 51—52; XXXV. Jahrgang, Nr. 1. Wien, 1873 & 1874; 4°.

Helsingfors, Universität: Akademische Gelegenheitsschriften aus dem Jahre 1872/3. 4° & 8°.

Jahrbuch über die Fortschritte der Mathematik. III. Band. Jahrgang 1871. Heft 2. Berlin, 1873; 8°.

Jahrbücher der k. k. Central-Anstalt für Meteorologie und Erdmagnetismus. N. F. VIII. Band, Jahrgang 1871. Wien, 1873; 4°.

Jahresbericht über die Fortschritte der Chemie etc. Herausgegeben von Alexander Naumann. Für 1871. 2. Heft. Giessen, 1873; 8°.

Journal für praktische Chemie, von H. Kolbe. N. F. Band VII, 1., 2. & 3. Heft. Leipzig, 1873; 8°.

Landbote, Der steirische. 6. Jahrgang, Nr. 26. Graz, 1873; 4°.

Landwirthschafts-Gesellschaft, k. k., in Wien: Verhandlungen und Mittheilungen. Jahrg. 1873, Nr. 15. Wien; 8°.

Mittheilungen aus J. Perthes' geographischer Anstalt. 19. Band, 1873. XII. Heft. Gotha; 4°.

Nature. Nrs. 216—218, Vol. IX. London, 1873 & 1874; 4°.

Osservatorio del R. Collegio Carlo Alberto in Moncalieri: Bollettino meteorologico. Vol. VIII, Nr. 7. Torino, 1873; 4°.

Reichsanstalt, k. k. geologische: Verhandlungen. Jahrgang 1873, Nr. 16. Wien; 4°.

Repertorium für Experimental-Physik etc. von Ph. Carl. IX. Band, 5. Heft. München, 1873; 8°.

Revista de Portugal e Brazil. Nr. 5. Dezembro de 1873. Lisboa; 4°.

„Revue politique et littéraire" et „La Revue scientifique de la France et de l'étranger". IIIe Année, 2e Série, Nrs. 25—27. Paris, 1873 & 1874; 4°.

Société Géologique de France: Bulletin. 3e Série, Tome Ier, 1873. Nr. 4. Paris; 8°.

— Mathématique de France: Bulletin. Tome Ier, Nr. 5. Paris, 1873; 8°.

Society, The Asiatic, of Bengal: Journal. Part I, Nr. 1. 1873; Part II, Nrs. 1—2. 1873. Calcutta; 8°. — Proceedings. Nrs. II—IV. February-March, 1873. Calcutta; 8°. — *Bibliotheca Indica*. New Series. Nrs. 271, 274—276, 278. Calcutta, 1873; 4° & 8°.

Wiener Medizin. Wochenschrift. XXIII. Jahrgang, Nrs. 51—52; XXIV. Jahrgang, Nr. 1. Wien, 1873 & 1874; 4°.

Zeitschrift des österr. Ingenieur- & Architekten-Vereins. XXV. Jahrgang, 16. Heft. — Denkschrift zur Erinnerung an die 25jährige Gründungsfeier des österr. Ingenieur- & Architekten-Vereins. Wien 1873; 4°.

Über Lösungsfiguren an Krystallflächen.

Von Dr. F. Exner.

Es lässt sich nach den theoretischen Ansichten über den Bau der Krystalle von vorneherein erwarten, dass die Cohäsionsverhältnisse derselben im Allgemeinen nach den verschiedenen Richtungen auch verschiedene seien, zum Unterschiede von unkrystallinischen, structurlosen Substanzen, bei denen wir in allen Richtungen Gleichwerthigkeit anzunehmen gewohnt sind. Die Spaltbarkeit nach verschiedenen bevorzugten Richtungen im Krystalle ist wohl der auffälligste Beweis für die Abhängigkeit der Cohäsion von der Richtung, in welcher wir dieselbe untersuchen. Sohncke[1] hat diese Abhängigkeit direct nachgewiesen durch seine Versuche über das Zerreissen von Steinsalzstücken, desgleichen Reusch[2] durch die auf Gyps und Glimmer erzeugten Schlagfiguren. Auch von der Härte ist die Verschiedenheit nach der Lage der untersuchten Richtung schon lange bekannt und ich habe in einer früheren Arbeit[3] den Zusammenhang derselben mit der Spaltbarkeit, also der Cohäsion, nachzuweisen gesucht.

Es ist demnach eine naheliegende Vermuthung, dass auch der Widerstand, den ein Krystall oder eine Krystallfläche einer auflösenden Kraft entgegensetzt, in einem Verhältnisse der Abhängigkeit stehe zu der Richtung dieser Kraft, d. h., dass die Lösungsgeschwindigkeit in den verschiedenen Richtungen eine verschiedene sei.

---

[1] Pogg. Ann. CXXXVII.

[2] Pogg. Ann. CXXXVI.

[3] Untersuchungen über die Härte an Krystallflächen, Wien 1873.

Eine Erscheinung, welche hiemit jedenfalls im Zusammenhange steht, sind die sogenannten Ätzfiguren. Es ist bekannt, dass, wenn man eine Krystallfläche gleichmässig der Einwirkung eines auflösenden Mittels aussetzt, diese Fläche nach einiger Zeit von zahlreichen, meist sehr kleinen, aber bestimmt geformten und gegen einander gelagerten, eingeätzten Figuren bedeckt erscheint. Schon Brewster[1] hatte diese Erscheinung beobachtet und vermuthete die eingeätzten Figuren als von regelmässigen Facetten begrenzt; da dieselben nicht messbar waren, beobachtete er, um wenigstens die Symmetrie ihrer Lagerung zu bestimmen, das von einer derartig geätzten Fläche zurückgeworfene Bild eines leuchtenden Punktes und erhielt so strahlenförmige Büschel, welche sich stets der krystallographischen Symmetrie der untersuchten Fläche anschlossen, z. B. an Hexaëderflächen von Flussspath vier aufeinander rechtwinkelige Strahlen, auf den Octaëderflächen derselben Substanz dagegen nur drei, die aber dann um 120° gegen einander geneigt auftraten.

Es ist nun die Frage, wie das Entstehen derartiger Ätzfiguren zu erklären sei; es ist klar, dass eine einem auflösenden Mittel ausgesetzte Fläche, wenn dieselbe vollkommen gleichmässig in allen ihren Theilen ausgebildet wäre, dann auch von dem Lösungsmittel in allen ihren Theilen in gleicher Weise müsste angegriffen werden; sollen daher auf derselben Ätzfiguren entstehen können, so ist es ohne Zweifel nöthig, dass eine Anzahl Punkte derselben, durch irgend welche äussere Einflüsse dazu geeignet, dem Auflösungsmittel einen geringeren Widerstand entgegensetzen als die übrigen und so das Entstehen von vorherrschenden Vertiefungen auf der Fläche ermöglichen. Von diesen Vertiefungen aus kann dann die Auflösung nach verschiedenen Richtungen mit verschiedener Geschwindigkeit erfolgen und so zum Entstehen der Ätzfiguren führen. Man ist demnach bei diesen Versuchen nicht frei von der zufälligen mechanischen Beschaffenheit der untersuchten Fläche und es ist fraglich, ob die Ätzfiguren wirklich das Resultat der verschiedenen Löslichkeit in verschiedenen Richtungen sind oder aber

[1] Phil. Mag. (4) V.

zunächst von mechanischen Einflüssen, wie z. B. Spaltungsebenen, Anlagerungsschichten, theilweiser Verwitterung etc. bedingt werden. Für letztere Annahme scheint das Experiment Brewster[1] zu sprechen, dass man im reflectirten Bilde gleichfalls eine symmetrische Anordnung der Lichtbüschel findet, wenn man die Fläche statt des Ätzens mit einer Feile überstreicht, also rein mechanisch aus derselben Theilchen in regelmässiger Anordnung herausreisst. Auch die Beobachtungen von Leydolt[2] und Hirschwald[3] über die Ätzfiguren am Quarz, und die von Kobell[4] an Kalkspath zeigen deutlich den Zusammenhang derselben mit der Structur, speciell den Anlagerungen der untersuchten Substanz, und Baumhauer[5] ward durch seine Untersuchung des Zuckers und des doppeltchromsauren Kali's bezüglich der Ätzfiguren auf die Vermuthung geführt, dass letztere auch in einem Zusammenhange mit der Spaltbarkeit der Substanz stünden. Es hat R. Fabri[6] wenigstens für Gyps die Löslichkeit nach einer directen Methode zu bestimmen gesucht, indem er ein Gypsblättchen, in verdünnter Chlorwasserstoffsäure zwischen parallelen Glasplatten eingefügt, in einen Polarisationsapparat brachte und die mit der Zeit eintretende Farbenveränderung in Folge der Verdünnung des Blättchens beobachtete. Es stellte sich bei diesen Versuchen heraus, dass die Auflösung nicht nach allen Richtungen mit gleicher Schnelligkeit fortschritt, sondern am schnellsten in der Richtung des faserigen, am langsamsten in der des glasigen Bruches und in den zwischenliegenden Richtungen auch mit mittlerer Geschwindigkeit. Es ist nun keine Frage, dass Gyps eben wegen seiner faserigen Structur für derartige Versuche ein sehr ungeeignetes Materiale ist, und ich glaube nicht, dass sich aus dem vorliegenden Versuche Fabri's ein Schluss auf den Zusammenhang der Löslichkeit mit der Richtung der Spaltbarkeit ziehen lässt, da man

---

[1] A. a. O.
[2] Ber. d. Wien. Acad. 1855.
[3] Pogg. Ann. CXXXVII.
[4] Münch. Acad. 1862.
[5] Pogg. Ann. CXXXVIII; CXXXIX; CXL.
[6] Cimento XI.

ja dabei gar nicht wissen kann, in wie weit ein capillares Einziehen der Flüssigkeit in den Krystall hier mit im Spiele ist.

Es war daher zur Untersuchung der Abhängigkeit der Löslichkeit von der Richtung nothwendig, eine Methode in Anwendung zu bringen, welche möglichst frei war von dem Einwurfe, den Vorgang der Lösung auf der zu untersuchenden Fläche auf irgend welche mechanische Weise zu modificiren. Die sehr einfache Methode, nach welcher die nachfolgenden Resultate gewonnen wurden und welche ich Herrn Prof. Kundt verdanke, entsprach, wie die weiter unten mitgetheilten Controlversuche zeigen werden, vollkommen ihrem Zwecke. Sie bestand in Folgendem: Es wurde das Lösungsmittel — bei den vorliegenden Versuchen stets Wasser — aus einer $^3/_4$ Mm. weiten Glasspritze unter Druck von ungefähr 2—3 Meter Wasserhöhe gegen die zu untersuchende Fläche senkrecht ausströmen gelassen, doch so, dass das ausfliessende Wasser die Fläche als vollkommen geschlossener Strahl traf. Es vertheilt sich dann dieser Wasserstrahl in eine nach allen Richtungen über die Fläche wegstreichende Rose, welche meist im Laufe weniger Secunden auf derselben eine je nach der Beschaffenheit des Materials mehr oder weniger scharf begrenzte Lösungsfigur erzeugt, deren Mittelpunkt im Fusspunkte des auffallenden Wasserstrahles liegt. Natürlich richtet sich die Zeit, während welcher man die Fläche dem Wasserstrahle exponiren muss, nach der Löslichkeit der zu untersuchenden Substanz, und es ist zur Erzielung scharf begrenzter Figuren unbedingt nothwendig, dass der Krystall keinerlei Risse oder Sprünge in seinem Inneren besitzt, sowie dass man der zu exponirenden Fläche vorher einen möglichst gleichmässigen Schliff ertheilt.

Obgleich ich bisher nur Gelegenheit hatte, diese Lösungsfiguren an sieben Substanzen zu untersuchen, so ergaben dieselben doch, wie mir scheint, ganz interessante Resultate, besonders in Bezug auf die fragliche Abhängigkeit der Lösungsgeschwindigkeit in den verschiedenen Richtungen von der Spaltbarkeit der Substanz. Dieselben mögen im Nachfolgenden mitgetheilt werden.

I. Alaun, tesseral, spaltbar nach den Octaëderflächen. Die untersuchten Exemplare waren sämmtlich sehr grosse und

klare Krystalle, und es wurden die Figuren vollkommen scharf begrenzt erhalten. Auf den Octaëderflächen ergaben sich Sechsecke, aber in der Weise, dass je drei nicht neben einander liegende Seiten unter einander von gleicher Grösse waren und die zwischen liegenden drei Seiten einander ebenfalls gleich, aber bedeutend kleiner als die ersteren, so dass die Figur einem gleichseitigen Dreiecke mit gerade abgestumpften Ecken glich und symmetrisch war nach den drei Winkelhalbirenden der Fläche. Die Lage derselben ist derartig, dass die kleineren Seiten stets den zunächst liegenden Octaëderkanten parallel sind. Die Werthe, welche sich für das Verhältniss der grossen Sechseckseite zur kleinen aus Messungen an vielen Figuren ergaben, lagen zwischen 3·0 und 3·5; was die absolute Grösse der Figuren anlangt, so betrug die Länge der grossen Sechseckseite meist 4—5 Mm. Die Messungen geschahen entweder am Krystalle selbst oder an Abdrücken der Figuren in Siegellack oder Wachs. An den Dodekaëderflächen ergaben sich gleichfalls Sechsecke, doch so, dass die zwei Seiten, welche parallel lagen, der Combinationskante mit den Octaëderflächen bedeutend länger waren als die vier übrigen, unter einander ebenfalls gleichen. Die Figur erschien somit symmetrisch nach den beiden Richtungen parallel und senkrecht zur Combinationskante mit den Octaëderflächen. Das Verhältniss der Längen- zur Querdimension dieser gestreckten Sechsecke ergab sich aus mehreren Figuren übereinstimmend zu 1·8.

Auch an den Hexaëderflächen des Alauns wurden die Lösungsfiguren untersucht; es ergaben sich durchwegs scharfe Quadrate, deren Seiten parallel den Hexaëderkanten lagen.

II. Steinsalz, tesseral, spaltbar nach den Hexaëderflächen. Auf den Hexaëderflächen ergaben sich sehr deutlich quadratische Figuren, deren Seiten, sowie beim Alaun, parallel den Hexaëderkanten lagen. Doch konnten hier die Ecken nicht so scharf erhalten werden, wie dies beim Alaun der Fall war, sondern sie erschienen stets etwas abgerundet.

Die Octaëderflächen des Steinsalzes ergaben keine deutlich erkennbaren Figuren, doch schienen dieselben Sechsecke zu sein.

III. Chlorsaures Natron, tesseral, keine Spaltbarkeit. Es wurden hier nur die Hexaëderflächen untersucht; es ergaben dieselben so wie am Steinsalz, quadratische Figuren, deren Seiten auch hier parallel den Hexaëderkanten lagen, doch waren dieselben schwer deutlich zu erhalten, anscheinend deshalb, weil die Krystalle nicht vollkommen klar und ohne Risse im Inneren waren.

IV. Unterschwefelsaures Blei, hexagonal, ohne Spaltbarkeit. Die Basisfläche ergab sehr schöne, scharfe Figuren und zwar regelmässige Sechsecke, deren Seiten parallel lagen den Combinationskanten der Basis mit den Rhomboëderflächen. Die Rhomboëderflächen selbst ergaben gleichfalls Sechsecke, doch waren die zwei der Combinationskante mit der Basis parallelen Seiten bedeutend länger als die übrigen vier, untereinander gleichen Seiten. Das Verhältniss der Längen- zur Querdimension dieser gestreckten Sechsecke war schwer zu bestimmen, doch ergaben einige sehr gute Figuren übereinstimmend die Zahl 1·3.

V. Nitroprussidnatrium, rhombisch, spaltbar nach den Prismaflächen und der Basis. Es konnten bei dieser Substanz nur auf den Prismaflächen scharfe Figuren erhalten werden, da die vielen Hohlräume, welche diese Krystalle fast immer in ihrem Innern haben, das Herstellen von guten Schlifffflächen, besonders parallel der Basis, sehr erschweren, das Wasser aber sich in die vorher oft gar nicht sichtbaren Sprünge einzieht und den Krystall zerbröckelt. Die Figuren, welche die Prismafläche ergaben, waren Trapeze, deren zwei parallele und ungleich lange Seiten parallel der Prismakante lagen und zwar so, dass die längere Seite stets dem stumpfen Prismawinkel zugekehrt war; die ganze Figur war nur symmetrisch nach der Richtung senkrecht auf die Prismakante. Das Verhältniss der längeren, der Prismakante parallelen Seite zu der darauf senkrechten Querrichtung wurde nur bei drei Figuren gemessen und ergab sich da zu 2·2, 2·3, 2·2.

VI. Schwefelsaure Magnesia, rhombisch, spaltbar nach der Pinakoïdfläche an der stumpfen Prismakante. Auf den Prismaflächen ergaben sich sehr scharf begrenzte Rechtecke, deren Längsrichtung parallel der Prismakante lag. Die

gemessenen Figuren ergaben für das Verhältniss der langen zur kurzen Seite: 2·0, 1·9, 2·0. Auf der Basis konnte die Gestalt der wenig scharfen Figuren nicht bestimmt werden, dagegen ergab die Pinakoidfläche an der stumpfen Prismakante, also die Spaltungsebene, sehr gute Figuren und zwar ebenfalls Rechtecke, deren Längsrichtung parallel lag der Kante des Prismas. Auch hier ergab sich aus zahlreichen Figuren das Seitenverhältniss zu 2·0.

VII. Rothes Blutlaugensalz, monoklinisch, spaltbar nach den Prismaflächen und der Basis. Auch hier konnten, aus gleichem Grunde wie beim Nitroprussidnatrium nur die Prismaflächen untersucht werden; die sehr scharfen Lösungsfiguren waren hier gleichfalls trapezförmig und lagen mit den beiden parallelen Seiten so in der Richtung der Prismakante, dass die längere Seite zunächst dem stumpfen Prismawinkel zu liegen kam. Die Figuren waren daher nur nach der auf die Prismakante senkrechten Richtung symmetrisch. Das Verhältniss der Längs- und Querrichtung ergab sich bei vier sehr scharfen Figuren zu 2·5, 2·4, 2·4, 2·5; das Verhältniss der beiden parallelen Seiten bei denselben Figuren zu 2·0, 1·8, 1·8, 1·9.

Ausser den vorliegenden stellte ich noch mehrere Versuche an, um zu sehen, welchen Einfluss eine Pressung des Krystalles auf die Gestalt der Lösungsfiguren hätte. Ich verwendete zu diesem Zwecke Steinsalz, das ein hiezu sehr geeignetes Materiale ist, erhielt jedoch stets negative Resultate, d. h. die Lösungsfiguren auf den Hexaëderflächen, zu denen parallel der Krystall gepresst wurde, blieben immer Quadrate, obgleich die Pressung eine derartige war, dass die Steinsalzstücke dadurch um 10% ihrer ursprünglichen Länge verkürzt wurden.

Ich setzte daher, da die anderen Substanzen noch weit weniger zusammendrückbar sind als Steinsalz, diese Versuche nicht weiter fort.

Schliesslich wurden noch, um sich davon zu überzeugen, dass bei der angewendeten Methode kein mechanisches Fortreissen von Krystalltheilchen mit im Spiele sei, die Versuche so angestellt, dass die Krystallfläche nicht einem Strahl von Wasser, sondern von einer concentrirten Lösung der betreffenden Substanz exponirt wurde.

Diesbezügliche Versuche an Steinsalz, unterschwefelsaurem Blei und schwefelsaurer Magnesia liessen selbst nach minutenlanger Einwirkung des Strahles auf die Fläche, an letzterer nicht die mindeste Veränderung erkennen. Auch wenn an der Stelle, wo der Strahl die Fläche traf, vorher ein $1^1/_2$ Mm. breites und tiefes Loch gemacht wurde, zeigte sich nach dem Versuche an demselben gar keine Veränderung. Es thut dies somit klar, dass die angewendete Methode den Anforderungen vollkommen entsprach und die erhaltenen Figuren in der That ein Bild der in den verschiedenen Richtungen verschiedenen Lösungsgeschwindigkeit geben.

Es fragt sich nun, welchen Umständen diese Verschiedenheit der Lösungsgeschwindigkeit ihre Existenz verdankt; in Bezug auf die Härte an Krystallflächen habe ich in einer früheren Arbeit nachgewiesen, dass die Änderung derselben mit der Lage der untersuchten Richtung in erster Instanz abhängt von der Spaltbarkeit des Krystalles und dass der Einfluss der verschiedenen molecularen Anordnung in verschiedenen Richtungen, auf dieselbe verschwindend ist, obgleich ohne Zweifel ein solcher vorhanden, aber im Vergleich zu dem durch die Spaltbarkeit bedingten, mit unseren Beobachtungsmitteln nicht mehr wahrnehmbar ist. Es lag daher der Gedanke nahe, ob auch für die Lösungsfiguren eine derartige Relation bestünde, doch zeigen die mitgetheilten Versuche, so gering an Zahl sie auch sind, mit voller Deutlichkeit, dass dies keineswegs der Fall; es scheint im Gegentheil hier gerade die krystallographische Werthigkeit der untersuchten Richtung das massgebende Moment zu sein und ein von der Spaltbarkeit der Substanz herrührender Einfluss, wenn ein solcher überhaupt existirt, gegen ersteren zu verschwinden.

Es zeigen dies vor allem die Beobachtungen an chlorsaurem Natron und unterschwefelsaurem Blei, welche Substanzen beide keine Spaltbarkeit nach irgend welchen Richtungen besitzen. Würde die Löslichkeit zunächst von der Spaltbarkeit abhängen, so müsste man hier auf allen Flächen kreisförmige Figuren erwarten, statt deren man aber am chlorsauren Natron auf den Hexaëderflächen Quadrate, und am unterschwefelsauren Blei Sechsecke und zwar auf der Basis regelmässige, auf den Rhom-

boëderflächen gestreckte erhält. Dasselbe gilt von der untersuchten Pinakoidfläche der schwefelsauren Magnesia; da diese Fläche die einzige Spaltungsebene des Krystalls ist, so müssten, wenn die Löslichkeit denselben Gesetzen folgte wie die Härte, die Lösungsfiguren gleichfalls Kreise werden. Dieselben sind aber langgestreckte Rechtecke ganz wie an den Prismaflächen derselben Substanz. Für die Härte hat die Untersuchung der verschiedenen Flächen des chlorsauren Natrons, des unterschwefelsauren Blei's und der Spaltungsebene der schwefelsauren Magnesia in der That vollkommene Gleichwerthigkeit der verschiedenen Richtungen ergeben.

Es zeigen somit die vorliegenden Beobachtungen, dass die Lösungsgeschwindigkeit in den verschiedenen Richtungen auf einer Krystallfläche eine verschiedene ist und dass diese Geschwindigkeit in erster Linie abhängt von der krystallographischen Werthigkeit der Richtung; während bei der Härte letztere, so weit unsere Beobachtungsmittel reichen, gar nicht in Betracht kommt, sondern lediglich die Spaltbarkeit, zeigt sich bei den Lösungsfiguren gerade das entgegengesetzte Verhalten, und wenn ein Einfluss der Spaltbarkeit auf dieselben überhaupt existirt, so ist er jedenfalls untergeordneter Art.

Strassburg den 15. December 1873.

Weitere Beiträge zur Theorie der Schallbildung.

Von Prof. Dr. **S. Stern.**

(Mit 1 Holzschnitt.)

Es ist eine allgemein bekannte und auch allgemein auffällig befundene Erscheinung, dass Stimmgabeln ohne Resonanzboden gar keinen oder einen nur sehr schwachen Ton vernehmen lassen, wenn sie in Schwingungen versetzt worden. Dass die Erscheinung wirklich als auffällig betrachtet wird, geht schon daraus hervor, dass sie in physikalischen Abhandlungen überall, wo von Stimmgabeltönen die Rede ist, erwähnt, und zu erklären gesucht wird. Die Mehrzahl der Forscher (z. B. auch Helmholtz) scheinen sich mit der Vorstellung zu begnügen, dass die Stimmgabeln nur deshalb nicht laut tönen, weil ihre Berührungsfläche mit der Luft zu klein ist, und ihre Schwingungen sonach nur auf sehr kleine Luftmassen übertragen werden können. Dass aber diese Vorstellung eine ganz und gar ungenügende sei, liesse sich schon aus der alltäglichen Erscheinung entnehmen, dass denn doch noch viel kleinere Massen jeden Moment, besonders durch Zusammenstossen, recht laut schallend befunden werden. Dagegen dürfte man vielleicht einwenden, dass eine Parallele zwischen dem momentanen klopfenden Schall, und den dauernden regelmässigen Stimmgabelschwingungen nicht zulässig sei. So mögen denn Thatsachen, die sich an den Stimmgabeln selbst, und an transversal schwingenden Stäben, ergeben, das Ungenügende der obigen Vorstellung darthun.

Prüft man eine grosse Reihe von Stimmgabeln von verschiedenen Tonhöhen, wobei die einzelnen Tonhöhen durch Gabeln von verschiedenen Dimensionen vertreten sind, so muss es noch ganz besonders auffallen, dass gerade die tiefsten, also

grössten Gabeln unter allen, die proportionale Dimensionen haben, am schwächsten tönen, hingegen die höhern, d. i. kleinern wenigstens bis zu einer gewissen Gränze um so lauter tönen, je höher oder kleiner sie werden. Dies ergibt sich unzweifelhaft aus folgenden Details, die sich auf Gabeln mit den grössten der gewöhnlich gebrauchten Dimensionen beziehen. Gabeln der Contra-Octave C_1, D_1, E_1, etc. tönen bei den kräftigsten Schwingungen so überaus schwach, dass ihr Ton nur in der unmittelbarsten Nähe des Ohres vernommen wird, gleichgiltig ob sie zur Abdämpfung der Obertöne an den Enden mit Klammern versehen sind oder nicht; Gabeln der grossen Octave *C D E* etc. tönen wohl auch noch recht schwach, werden aber doch schon auf Distanzen von mehreren Fuss gehört. Gabeln der ungestrichenen Octave tönen, besonders die höhern, schon verhältnissmässig recht hell und laut, werden schon auf mehrere Klafter Distanz deutlich gehört, während die der eingestrichenen Octave bereits so laut tönen, dass ein gewöhnliches grösseres Wohnzimmer von dem Tone ganz erfüllt ist. Selbstverständlich sind innerhalb jeder Octave die höhern Töne auch entsprechend lauter als die tiefern, und sind immer nur Gabeln von proportionalen Dimensionen zu vergleichen. Ausserdem ist noch hervorzuheben, dass die hohen Töne einen ganz andern Charakter zeigen als die tiefen, sie sind nämlich viel heller, und man könnte sagen concentrirter, d. h. sie scheinen von einem viel kleinern Raume auszugehen, als es in Wirklichkeit der Fall ist. Dies tritt besonders deutlich an den höhern Tönen der eingestrichenen Octave hervor, ist aber übrigens schon an den höheren Tönen der ungestrichenen Octave spurweise zu bemerken. Bei den sehr hohen Octaven nimmt die Tonstärke wohl wieder etwas ab, bleibt aber noch immer unverhältnissmässig grösser als bei den tiefsten Octaven. Diese Differenzen bleiben selbst dann noch bemerkbar, wenn die Stimmgabeltöne durch entsprechende Resonanzkästen verstärkt werden, nur treten sie dann minder auffällig und in anderer Progression hervor. Es nimmt nämlich die Stärke der Töne von der Contra-Octave bis zu den höchsten Tönen der ungestrichenen wohl stetig zu, doch ist die Zunahme nur in grösseren Intervallen deutlich bemerkbar; die Töne der eingestrichenen

Octave zeigen aber schon etwas Abnahme. — Vergleicht man Stimmgabeln von gleicher Höhe, aber verschiedenen Dimensionen, so findet man constant, dass die mit grösseren Dimensionen lauter tönen als die mit kleineren. Um nur ein Beispiel anzuführen, ist der Ton zweier auf *C* gestimmten Gabeln mit folgenden Dimensionen in Centimetern:

1. Länge $26^1/_2$, Breite 2, Dicke 1·15
2. „ 18, „ 1·2 „ 0·5

so ungleich laut, dass man die grössere mindestens auf zweimal so grosse Distanz hört, als die kleinere. Dasselbe gilt auch von allen anderen Tonhöhen. — Hier ist auch noch die Thatsache zu erwähnen, dass die hohen meist unharmonischen Obertöne, die grössere Gabeln hören lassen, besonders wenn sie mit härteren Körpern geschlagen werden, auffallend laut sind, und auf grosse Distanzen gehört werden, selbst wenn der Grundton nur sehr schwach ist. An diesen lauten Obertönen kann man dann dieselbe Eigenthümlichkeit bemerken, wie an den hohen Grundtönen, dass sie nämlich sehr concentrirt oder klein sind; bei manchen derselben ruft der Gehörseindruck die Vorstellung wach, als würde nur eine dünne, fadenförmige Säule im Innern der Zinken den Ton geben. Bemerkenswerth ist ferner, dass diese Obertöne bei den Gabeln mit hohen Grundtönen, selbst wenn sie mit hartem Hammer geschlagen werden, viel schwächer hervortreten, der Grundton hingegen sofort eben so laut erscheint, als wenn die Gabel mit weichem Hammer geschlagen würde, was bei den tiefern Gabeln nicht der Fall ist.

Ganz analoge Erscheinungen findet man auch an transversal schwingenden Stäben. Es geht dies schon aus dem folgenden einzelnen Beispiel hervor. Ein Eisenstab von 50—60 Cm. Länge 0·6 Cm. Breite und 0·3 Cm. Dicke, der an seinen Knotenpunkten durch stark gespannte Schnüre festgehalten ist, kann bekanntlich durch Streichen mit einem Bogen leicht in transversale Schwingungen versetzt werden. Streicht man die breite Fläche des Stabes bei nur mässigem Druck, so sind die transversalen Schwingungen sehr intensiv. Steht das Gestell, über welches die Schnüre gespannt sind, auf irgend einer grösseren Holzplatte, so hört man neben einem Grundton einen oder [illegible] Obertöne; sehr laut ist bei dem erwähnten Verfahren [illegible]

der erste Oberton. Sowie man aber das Gestell von der Holzplatte abhebt, so schwindet auch der laute Ton vollständig und dann hört man nur in unmittelbarer Nähe den Grundton wie bei tiefen Stimmgabeln. Setzt man das Gestell wieder auf die Holzplatte, so erscheint der laute Ton wieder und neben ihm der Grundton nur in unmittelbarster Nähe des Ohres. Es ist somit gar kein Zweifel, dass die Eigentöne des Stabes, die den transversalen Schwingungen entsprechen, an und für sich eben so schwach sind wie tiefe Stimmgabeltöne. Wird der Stab dicker und breiter, so ist es wohl schwieriger, ihn transversal schwingen zu machen, aber die Töne werden an und für sich lauter; dasselbe gilt auch, wenn der Stab bei gleicher Dicke und Breite kürzer wird. — Streicht man den Stab an seiner schmalen Randfläche bei kräftigerem Druck, so erscheint constant ein sehr lauter durchdringender und sehr hoher Ton, der ganz den Charakter hat wie die Töne longitudinal schwingender Stäbe, und ohne Resonanzplatte eben so laut ist, als mit einer solchen. Schlägt man den Stab mit einem Metallknopf, so erhält man laute Obertöne von demselben Charakter wie bei grossen Stimmgabeln, die man auch ohne Resonanzplatte auf grössere Distanzen hört. Neben diesen hohen Obertönen erscheint der Grundton immer nur sehr schwach.

Alle diese Thatsachen, die einzeln vielleicht jedem Fachmanne bekannt sein dürften, lassen es nun als über allen Zweifel festgestellt erscheinen, dass das Tönen oder Nichttönen von Stimmgabeln und einfachen Stäben nicht von der Grösse ihrer Berührungsfläche mit der Luft abhängig sein könne, da doch — wenn dies der Fall wäre — hohe kleine Gabeln nicht lauter tönen könnten als tiefe grosse, Obertöne nicht lauter sein könnten als Grundtöne u. s. w. — Gerade diese Thatsachen scheinen aber denn doch von vorne herein geeignet, über die mechanischen Vorgänge, die der Bildung von Schallschwingungen zu Grunde liegen, einiges Licht zu verbreiten und das Erkennen von Gesetzen, die speciell für die Theorie der medicinischen Diagnostik von fundamentaler Wichtigkeit sind, wesentlich zu fördern. Halten wir also die Fragen fest: Warum tönen Stimmgabeln für sich allein nicht hinreichend laut? und warum tönen

hohe Gabeln lauter als tiefe, hohe Obertöne lauter als die Grundtöne?

Dass die Grösse der Schwingungs-Amplitüden hiebei in Frage kommen sollte, wird wohl von niemandem behauptet; trotzdem dürfte es nicht ohne Interesse sein, einige specielle hierauf bezügliche Daten mitzutheilen.

Man kann die Schwingungs-Amplitüden bei Stimmgabeln bekanntlich ziemlich leicht messen, aber immerhin erfordert das gewöhnliche Verfahren doch schon complicirte Vorrichtungen. Nun lassen sich aber diese Amplitüden, wenigstens bei grösseren Gabeln, auch ohne alle Vorrichtungen leicht hinreichend genau beurtheilen, wohl auch messen. Da die diesbezügliche Methode jedenfalls viel bequemer ist als die gewöhnlich übliche, da sie überdies für gewisse einschlägige Untersuchungen besondere Vortheile gewährt, so wird die ausführlichere Mittheilung derselben nicht ungerechtfertigt erscheinen.

Hält man eine grössere schwingende Stimmgabel vertical in der Nähe einer guten Lichtquelle, so dass das Licht die schmalen Randflächen beider Zinken gleichmässig trifft, und fixirt man diese Flächen ihrer ganzen Länge nach aufmerksam, so erscheinen dieselben während der Schwingungen bekanntlich verbreitert. An den verbreiterten Flächen kann man aber bei entsprechendem Sehwinkel, den man bald herausfindet, deutlich zwei, optisch sich ganz verschieden präsentirende Abschnitte unterscheiden; die Mitte der Fläche zeigt nämlich genau dieselbe Farbe und denselben Glanz wie die ruhende Gabel, während zu beiden Seiten derselben je ein Streifen sichtbar wird, dessen Glanz und Farbe so deutlich absticht von der Mitte, dass er sofort als etwas Verschiedenes erkannt werden kann. Zudem sind beide Streifen nach einwärts so scharf abgegrenzt, dass man ihre Grenzen der ganzen Länge nach als eine haarscharfe Linie recht deutlich unterscheiden kann. Es kann wohl als selbstverständlich hingestellt werden, dass die erwähnten Randstreifen ihrer Breite nach die Länge der Schwingungsexcursionen repräsentiren. Sie persistiren bei grösseren Gabeln hinreichend lange, um mittelst Zirkelspitzen oder auch mittelst eines feinen Massstabes, die man in vorsichtiger Weise möglichst nahe an die Zinkenfläche hinanbringt,

gemessen werden zu können. Ein besonderer Vortheil bietet sich bei dieser Untersuchung, wie schon oben erwähnt, insofern dar, als man gleichzeitig die Schwingungs-Amplitüde nicht blos am Ende der Zinken, sondern ihrer ganzen Länge nach deutlich sehen kann, so dass man das Gesetz, nach welchem diese Amplitüden abwärts abnehmen, sozusagen verkörpert vor sich stehen hat. In der That zeigt diese Abnahme bei Gabeln von gleicher Tonhöhe und verschiedenen Dimensionen schon bei oberflächlicher Betrachtung Verschiedenheiten, die für die feinere Mechanik nicht unwichtig sein dürften. — Diese einfache Beobachtungsmethode ergibt nun folgende Thatsachen: Die sichtbaren transversalen Schwingungen der Gabelzinken erstrecken sich constant blos über einen grösseren oder kleineren Abschnitt der Zinken, niemals über deren ganze Länge. Die fast in allen Lehrbüchern zu findende Darstellung, als würde auch das Verbindungsstück der Zinken ebenso oder nahezu ebenso kräftig nach entgegengesetzter Richtung schwingen, ist sonach dahin zu ergänzen, dass diese Schwingungen selbst da, wo die Dicke des Verbindungsstückes nur dieselbe ist, wie die der Zinken, immer nur in nicht sichtbaren, nicht messbaren Dimensionen vor sich gehen, eine Thatsache, von deren Richtigkeit man sich übrigens auch durch den Tastsinn leicht überzeugen kann, und die sich, wie wir später sehen werden, auch aus der entsprechenden mathematischen Formel ergibt. Die transversalen Excursionen der Gabeln sind bei dünneren Zinken *caeteris paribus* grösser als bei dickeren, erstrecken sich aber bei letzteren etwas tiefer hinab als bei ersteren, eine Thatsache von besonderer Wichtigkeit für das Verständniss der Tonbildung, wie sich später zeigen wird. So z. B. sieht man bei den beiden *C*-Gabeln, deren Dimensionen oben angegeben wurden, die transversalen Schwingungen der dünneren bis unter die Mitte der Zinkenlänge etwa nahezu den Endpunkt des zweiten Drittels, wenn deren Grösse am freien Ende mindestens 1‴ beträgt; während man die transversalen Schwingungen der dickeren bis unter das zweite Drittel hinab verfolgen kann, wenn deren Grösse am freien Ende höchstens 1‴ beträgt. Der scheinbare äussere Rand der verbreiterten Flächen der schwingenden Zinken erscheint bei lan-

gen und dünnen Gabeln für das freie Auge schon concav, während er bei gleich langen aber dickern oder gleich dicken aber kürzern Zinken wenigstens für das freie Auge umsoweniger gekrümmt erscheint, je dicker oder kürzer dieselben; die Krümmung ist im ersten Falle am stärksten in der Nähe der freien Enden, und ist nur nach einem sehr kräftigen Stoss und nur verhältnissmässig sehr kurze Zeit deutlich bemerkbar.

Ferner sind die transversalen Excursionen bei tieferen Gabeln *caeteris paribus* constant grösser als bei höheren, weshalb denn auch die hier beschriebene Beobachtungsmethode eben nur an Gabeln der Contra-, grossen und ungestrichenen Octave mit grossen Dimensionen geübt werden kann. An Gabeln der eingestrichenen Octave kann man die transversalen Excursionen wenigstens bei den tieferen wohl noch wahrnehmen, aber nicht mehr richtig beurtheilen. Dass auch die untere Grenze der sichtbaren Schwingungen bei allen Gabeln keine scharfe exact zu bestimmende sei, bedarf kaum der Erwähnung.

An einfachen Stäben liegt wohl nur eine weitaus kleinere Zahl von ähnlichen Beobachtungen vor, doch sind diese wenigen so bestimmter Art, dass es kaum einem Zweifel unterliegen kann, es gelten bezüglich der Grösse der transversalen Schwingungs-Amplitüden genau dieselben Gesetze wie bei Stimmgabeln.

Da nun, wie oben angegeben worden, gerade tiefe und dünne Gabeln *caeteris paribus* schwächer tönen als hohe und dicke, so kann es auch als über allen Zweifel festgestellt betrachtet werden, dass transversale Schwingungen auf die Stärke des Schalles **direct** keinen Einfluss haben.

Da die Erfahrung aber denn doch entschieden zeigt, dass hohe Gabeln für sich allein schon laut tönen, und zwar viel lauter als tiefe, drängt sich allerdings die Frage auf, ob nicht etwa die Anzahl der Schwingungen auf die Stärke der Töne Einfluss habe? ob nicht etwa die Empfindlichkeit des Gehörsinnes für hohe Töne oder grössere Schwingungszahlen eine grössere sei als für tiefe? Diese Fragen lassen sich aber entschieden verneinen. Dass wir auch tiefe Töne laut zu hören vermögen, erkennen wir doch sofort, wenn tiefe Gabeln mit Resonanzkasten versehen werden.

Dass durch Resonanzböden die Zahl der Schwingungen vermehrt werden sollte, lässt sich ganz entschieden nicht annehmen, es ist dies so klar, dass es gar keines Beweises bedarf. Mithin steht auch der Satz über allen Zweifel fest: Die Anzahl der Schwingungen in der Zeiteinheit hat auf die Stärke des Schalles gar keinen Einfluss.

Bei diesem Sachverhalte haben noch die folgenden Thatsachen ganz besondere Wichtigkeit. Bei Glas-, Stein- und Metallplatten oder Stäben erhält man constant durch Klopfen bei der schon früher (Aufs. I pag 8) [1] angegebenen Unterstützungsart ganz dieselben Klänge, wenn man den Stoss longitudinal, als wenn man ihn transversal führt, nur sind im ersteren Falle die hohen, im letzteren die tiefen Töne des Klanges lauter. Dass der Stoss genau longitudinal geführt werde, ist namentlich bei etwas dickeren Platten und Stäben gar nicht schwierig. (Vgl. I, pag 8, 33). Auch bei Stimmgabeln lassen sich ähnliche Thatsachen constatiren, die hier speciell von der höchsten Wichtigkeit und grössten Tragweite sind. Klemmt man den Gabelstiel oder auch das Verbindungsstück selbst in nicht zu grosser Ausdehnung in der Nähe des Verbindungsbogens mittelst eines Schraubstockes fest und unbeweglich gegen eine möglichst feste Widerlage in beliebiger Stellung und klopft mit einem kleinen Metallknopf auf das Ende des Stieles longitudinal, so erhält man den Grundton, wenn das Ohr dem Ende der Zinken genähert ist, recht laut. Dasselbe geschieht in schwächerem Grade auch schon, wenn man an der Seitenfläche des Stieles, in

---

[1] Der Kürze halber werden die folgenden in diesen Sitzungsberichten der Akademie der Wissenschaften erschienenen Aufsätze nur mit den ihnen entsprechenden römischen Zahlen citirt werden:

I. „Beiträge zur Theorie des gemeinen (nicht musikal.) Schalles als Object-Merkmals“ u. s. w. Febr. 1870.

II. „Ueber die Resonanz der Luft im freien Raume“ März 1870.

III. „Beiträge zur Theorie der Resonanz fester Körper mit Rücksicht auf das Mitschwingen der Luft“ Febr. 1871.

IV. „Beiträge zur Theorie der Resonanz lufthaltiger Hohlräume“ April 1872.

welcher Richtung immer, klopft, oder wenn man, namentlich an den Schraubenwindungen desselben, mit irgend einem, wenngleich nur festweichen Körper streift. Lässt man den Gabelstiel an einem starken Zwirnfaden hängen, so entstehen bei dem leisesten Klopfen an jedem Punkte des Stieles, wenn die Gabel dabei auch nicht die geringste Bewegung zeigt, hohe Töne, die constant von dem Grundtone begleitet sind. Auch wenn man am Verbindungsstücke noch so leise klopft, geschieht dasselbe um so deutlicher, je mehr der klopfende Stoss auf die Verlängerung der Hauptflächen der Zinken fällt, gleichgiltig in welcher Richtung. Trifft er die senkrecht auf erstere stehende Fläche, so hört man bei schwachem Klopfen nur hohe Obertöne, bei etwas stärkerem aber, oder bei rasch auf einander folgender Wiederholung der schwachen Stösse auch den Grundton. Klopft man auf die Mitte der Concavität des Verbindungsbogens mit irgend einem schmalen Körper, z. B. einem Messerrücken, noch so schwach, so erscheint neben hohen Tönen ebenfalls sofort auch der Grundton. All das geschieht auch bei Gabeln mit kurzen dicken Zinken.

Hemmt man die Schwingungen des Gabelstieles, indem man ihn in grösserem Umfange oder an zwei verschiedenen Punkten gleichzeitig mit Eisenmassen stützt oder seine Endfläche gegen feste Körper drückt, so hört man bei stärkerem Klopfen auf denselben nach jeder Richtung den Grundton nur als kurzen klopfenden Schall. — Glas- und Metallglocken, die mit einem stab- oder knopfförmigen Griffe aus gleichem Material versehen sind, lassen ebenfalls den Grundton der Glocke hören, wenn man sie am Griffe hält und dabei longitudinal auf denselben klopft, und zwar um so lauter, je dünner die Glockenwände.

Nicht minder auffallend als die bisher besprochenen Erscheinungen ist die Thatsache, dass Stimmgabeln in der unmittelbaren Nähe des Ohres unverhältnissmässig laut tönen. Auf den ersten Blick könnte man diese Thatsache vielleicht übersehen, da es den Anschein hat, als wäre das laute Tönen in der Nähe des Ohres und das Nichttönen in einiger Entfernung, durch die natürliche Abnahme der Einwirkung der Schwingungen auf das Ohr mit der

Entfernung schon begründet. Allein bei genauerer Untersuchung ergibt es sich als zweifellos, dass dem nicht so sei. Man findet nämlich schon zwischen tiefen und hohen Gabeln einen auffallenden Unterschied bezüglich der Abnahme der Tonstärke mit der Entfernung vom Ohre. Tiefe Gabeln tönen in der Nähe des Ohres nur dann sehr laut, wenn die Enden der Zinken dem Ohre genähert sind; verschiebt man die Zinken, so dass ihre unteren Abschnitte dem Ohre zunächst sind, so hat das schon dieselbe Wirkung, als hätte man die Gabel im Ganzen entfernt, der Ton wird nämlich auffallend schwächer und bei gänzlicher Entfernung vom Ohre nimmt die Schwächung noch rapider zu, dabei bleibt aber die Klangfarbe des Tones immer dieselbe. — Bei hohen Gabeln ist dieses Verhältniss complicirter. In der nächsten Nähe des Ohres hört man nämlich einen sehr schrillen unangenehmen durchdringenden Ton, der aber schon auf 1—2″ Distanz einem Tone von ganz anderer Klangfarbe weicht. Der erstere nimmt in der That noch rascher ab, als tiefe Töne, während der letztere bei der Entfernung vom Ohre auffallend langsamer abnimmt. Besonders auffallend ist aber dieses Verhältniss bei den hohen Obertönen der Gabeln, die durch Stoss mit Metallmassen erregt werden, sowie auch bei allen durch specifisch-longitudinale Einwirkung erzeugten Tönen und Klängen. Man kann sich nämlich bei beiden diesen Schallarten sehr leicht überzeugen, dass die Abnahme der Schallintensität mit der Entfernung der Schallquelle vom Ohre eine ganz andere, wesentlich von der bei transversal schwingenden Objecten verschiedene, weil weitaus langsamere ist.

Hieran schliesst sich naturgemäss die folgende Reihe von auffälligen Erscheinungen, die sich auf das Verhalten der Resonanztöne beziehen, wenn zwei gleichgestimmte Resonanzkästen, oder noch besser ein Resonator und ein Resonanzkasten auf einander einwirken. Es wurde bereits im Aufsatze IV (pag. 7, 8) eine derartige Erscheinung mitgetheilt, mit der Bemerkung, dass dieselbe einer eingehenderen Untersuchung bedürfe. Eine solche Untersuchung wurde nun thatsächlich an einer grossen Reihe von Stimmgabel-Resonanzkasten vorgenommen und ergab folgende Details. Vor allem ist hervorzuheben, dass auch

hier zwischen tiefen und hohen Gabeln ein bemerkenswerther Unterschied besteht.

Die Scheidegrenze zwischen beiden Gruppen befindet sich inmitten der ungestrichenen Octave, deren tiefere Töne, das *c*, *d* noch zur Gruppe der tiefen, deren hohe Töne *a*, *h* aber schon zur Gruppe der hohen gehören, während die mittleren Töne allmälige Übergänge von der einen zur anderen Gruppe darstellen. Die im Aufsatze IV beschriebene Erscheinung bezieht sich auf eine der Gruppe der hohen Töne angehörige Gabel, nämlich das *a*. — Das Wesentlichste der Erscheinung besteht in dem Verschwinden der Resonanz, wenn ein gleichgestimmter Resonator mit seiner freien Mündung der des Resonanzkastens in einer Entfernung von circa 2″ gegenübergehalten wird und in dem gleichzeitigen Fortbestehen eines durchdringend lauten, aber von aussen nicht hörbaren Tones im Innern des Resonators.

Die Erscheinung stellt sich bei genauer Untersuchung unzweideutig als Interferenz-Phänomen heraus, wie das auch *a priori* auf den ersten Blick vermuthet werden muss. Man kann nämlich bei concentrirter Aufmerksamkeit, besonders bei tiefen Tönen eine Wiederholung des Phänomens, insoferne es sich auf die Schwächung des Tones bezieht, aber nur in sehr schwachem Grade constatiren, wenn der Resonator in unveränderter Stellung allmälig vom Resonanzkasten entfernt wird, und zwar am sichersten, wenn beide Resonanzräume auf einer hinreichend langen Tischplatte sich einander nähern und von einander entfernen.

Bei der Gruppe der tiefen Gabeln gestaltet sich nun das Phänomen folgendermassen: Die Resonanz schwindet nicht vollständig, sondern wird nur auffällig geschwächt; die Schwächung beginnt bei einer Distanz von circa $^1/_2$—1″, erreicht ihr Maximum erst wenn der Resonator zum Theile schon in den Kasten hineinragt. Bei der Entfernung wird die Resonanz jenseits jener Stelle, an der die Schwächung begonnen hat, eine kurze Strecke entlang etwas lauter als ohne Resonator, eine weitere kurze Strecke entlang wieder etwas schwächer, etwa so wie ohne Resonator; bei noch weiterer Entfernung bleibt er unverändert und zeigt nur bei einer mindestens zwei- bis dreimal so grossen

Strecke als früher, innerhalb einer sehr kleinen Distanz eine constante eben nur merkliche Schwächung, um dann wieder unverändert fortzubestehen. Nur hie und da gelingt es bei noch weiterer Entfernung, in gleicher Strecke noch einen Punkt der Schwächung zu constatiren.

Horcht man mittelst eines Kautschukschlauches, den man über das Ohrende des Resonators schiebt, auf den Ton im Innern des letzteren, so ist derselbe im allgemeinen lauter, aber sonst in verschiedenen Distanzen dem von aussen hörbaren ganz proportional, so dass hier von zwei verschiedenen Tönen nicht die Rede sein kann. Deckt man die Mündung des Resonanzkastens mittelst einer beliebigen Scheibe zu, so ist sowohl der von aussen frei, als auch der in seinem Innenraume durch Hörrohr hörbare Ton nur so viel geschwächt, wie bei der Einwirkung des Resonators.

Hält man die Mündung des Resonators vor die freien Enden der Gabelzinken, so tritt bei einer Entfernung von circa $^1/_2''$ eine deutliche Schwächung der Kasten-Resonanz auf, bei grösserer Annäherung eine deutliche Verstärkung derselben, bei grösserer Entfernung hingegen bleibt selbe unverändert.

Bei der Gruppe der hohen Töne ist das Phänomen wesentlich verschieden. Es besteht nämlich hier zwischen dem im Innern des Resonators und dem von aussen frei hörbaren Tone keine Proportionalität, zudem auch noch eine Klangfarbenverschiedenheit, so dass hier allerdings zwei ganz verschiedene Töne zum Vorschein kommen. Die Details sind folgende: Das Maximum der Schwächung des Tones tritt hier schon bei einer zwischen 1″ und 2″ schwankenden Entfernung des Resonators auf und ist dieselbe so bedeutend, dass man z. B. bei einer *c'*-Gabel nur noch einen Ton von solcher Stärke und Klangfarbe hört, wie er etwa der Gabel allein ohne Resonanzkasten zukömmt. Nähert man den Resonator dem Kasten, so ändert sich in bestimmter Entfernung die Klangfarbe des früher gehörten schwachen Tones, so dass man deutlich das Auftreten eines neuen aber äusserst schwachen Tones bemerkt, bei noch grösserer Annäherung schwindet aber auch dieser wieder.

Entfernt man den Resonator über jenen Punkt hinaus, an dem das Maximum der Schwächung bemerkt wurde, so schwillt

der Ton allmälig zu seiner normalen Stärke an, und zeigt dann analog den tieferen Tönen in gewissen, etwas kleineren Distanzen als bei den letzteren mindestens noch einen, mitunter auch zwei Punkte der Tonschwächung. Horcht man mittelst Hörrohr am Resonator, so hört man selbst an jener Stelle, wo die Resonanz von aussen her bis auf ein Minimum reducirt und kaum noch hörbar ist, einen durchdringend lauten schrillen Ton, dessen Klangfarbe ganz dieselbe ist, wie die jenes Tones, den man bei Annäherung der freien Enden der Gabelzinken an den äusseren Gehörgang hört. Dieser Ton im Innern des Resonators ist am stärksten etwas einwärts von jener Stelle, wo ohne Hörrohr das Maximum der Schwächung der Resonanz besteht, etwa dort wo der schwache noch hörbare Ton seine Klangfarbe ändert; noch weiter einwärts wird auch der schrille Ton im Innern des Resonators allmälig schwächer, und zwar proportional der Annäherung beider Hohlräume aneinander. Weiter nach aussen von jener Stelle, wo im Freien die grösste Schwächung der Resonanz besteht, erscheint neben dem schrillen Tone aus dem Innern des Resonators sehr deutlich der eigentliche Resonanzton, den man auch ohne Hörrohr vernimmt, so dass man jetzt gleichzeitig zwei ganz verschiedene Töne nebeneinander hört; und während der letztere bei grösserer Entfernung immer lauter wird, wird der erstere immer schwächer und schwindet endlich ganz.

Beim Verdecken der Kastenmündung wird die Resonanz viel schwächer als bei den tiefen Tönen, sowohl für das freie Ohr von aussen, als auch für das Hörrohr von innen.

Nähert man den Resonator den Enden der Gabelzinken, so ist eine Schwächung des Tones kaum zu bemerken.

Gegenüber den hier beschriebenen Interferenz-Erscheinungen ist eine andere Reihe von Thatsachen bemerkenswerth, die scheinbar different, möglicherweise denn doch auf dasselbe Gesetz hinweisen wie jene. Sie beziehen sich ebenfalls auf die Interferenz, und kann die Reihe derselben eigentlich schon mit einigen in den Aufsätzen II und III bereits mitgetheilten Thatsachen beginnen. Zunächst damit, dass der klopfende Schall

sonanzböden, und zwar von letzteren noch weniger als von ersteren.

Der Resonanzton der Stimmgabelkasten ist fast durchwegs lauter, wenn man den Gabelstiel frei wo immer an die obere Kastenwand ansetzt, als wenn derselbe eingeschraubt ist, wobei dessen kleine Endfläche die Wandoberfläche nicht berührt. Allerdings ist im ersteren Falle der lautere Ton auch von kürzerer Dauer. Ausnahmen hievon machen nur ungewöhnlich dicke, besonders sehr hohe Gabeln.

Bei einfachen Stäben wird der durch Streichen mit dem Bogen bei starkem Drucke hervorgerufene durchdringende Ton durch die Unterlage, mag selbe wie immer beschaffen sein, gar nicht verstärkt; dasselbe gilt auch von den hohen Tönen, die durch Klopfen mit einem Metallknopf erregt werden.

Macht man Stäbe durch longitudinales Streichen klingend und bringt sie im Knotenpunkte mit einem beliebigen Resonanzboden (z. B. dem Stege eines Monochords, oder dessen Wand unmittelbar, einer Tischplatte, einem beliebigen Stimmgabel-Resonanzkasten etc.) in Contact, so bemerkt man deutlich, dass jedes secundäre Geräusch, z. B. das durch Reiben bedingte, auffallend verstärkt wird, die Klänge oder Töne selbst hingegen kaum merklich, und zwar sind es wieder nur tiefere Töne, die einigermassen, wenn auch nur wenig, verstärkt werden, während höhere absolut unverändert bleiben.

Sollen alle bisher angeführten Thatsachen ihre causale Begründung erhalten, so muss man ausser den bereits oben formulirten Fragen noch zwei andere in Betracht ziehen. Warum tönen Stimmgabeln und bestimmte Resonatoren, auf die ein tönender Resonanzkasten einwirkt, in unmittelbarer Nähe des Ohres so unverhältnissmässig laut, während man ihren Ton auf Distanz gar nicht oder nur sehr schwach hört? Warum verhalten sich Töne, die durch longitudinale Impulse erregt werden, sowohl bezüglich der Erregung von Resonanz, als auch bezüglich der Interferenz so auffallend verschieden von Tönen, die durch transversale Impulse erregt werden, und in welchem Verhältnisse stehen überhaupt transversale und longitudinale Schwingungen zu einander? Eine eingehende Betrachtung zeigt, dass alle diese Fragen nur im Zusammenhange zu beantworten sind, da in der Beantwortung der einen implicite auch schon die der andern enthalten ist. Gehen wir also vor allem von den schon früher formulirten Fragen aus. Warum tönen Stimmgabeln ohne Resonanzboden überhaupt so schwach? Höhere aber doch lauter als tiefere?

Da, wie wir bereits oben gesehen, weder die Grösse der Berührungsfläche mit der Luft, noch auch die Grösse der transversalen Excursionen auf die Tonstärke direct Einfluss nehmen, so muss man sich in erster Linie die Frage stellen: Bestehen nicht vielleicht in der Masse der Stimmgabeln ausser den transversalen Verschiebungen auch noch andere Bewegungsrichtungen? Nun, diese Frage lässt sich allerdings ganz entschieden beantworten. Fasst man nämlich den Bau der Stimmgabeln näher ins Auge, namentlich den Umstand, dass die geradlinigen Zinken am Verbindungsstück eine bogenförmige Krümmung erleiden, so muss es sofort einleuchten, dass die Lageveränderung, die die Massentheilchen der Gabel während der Schwingung erleiden, an jenen Zinken-Querschnitten, die in gerader Linie über einander liegen, eine wesentlich verschiedene ist von jener, die an den, den Verbindungsbogen constituirenden Querschnitten entstehen muss. Man kann sich hievon am einfachsten überzeugen, wenn man eine Anzahl von Punkten in Gabelform aneinanderreiht, die Verschiebungen wenigstens zweier, die in gerader Linie, und zweier, die im Bogen liegen, construirt und mit einander vergleicht. Die ersteren Massentheilchen ändern ihre Lage

gegen einander, dabei ist die Änderung ihrer Entfernung von einander im Verhältniss zur ganzen Bahn, die sie beschreiben, nur klein. Die letzteren ändern ihre Lage zu einander nur sehr wenig oder auch gar nicht, die Änderung ihrer Entfernung von einander ist bei ihnen jedoch im Verhältnisse zu ihrer ganzen Bahn viel grösser oder auch gleich dieser Bahn. Mit einem Worte: Am Verbindungsbogen entstehen Verdichtungen und Verdünnungen κατ' ἐξοχήν, an den Zinken selbst Verschiebungen ganz anderer Art. Verdichtungen und Verdünnungen müssen in homogenen Massen sich nach allen Richtungen der Kugeloberfläche ausbreiten. Dieser überaus wichtige Satz, der bisher bei allen Berechnungen, die sich auf longitudinale Schwingungen beziehen, ausser Acht gelassen wurde, ergibt sich mit grösster Sicherheit aus Folgendem. Bei Stimmgabeln ist es bekannt, dass der Stoss, der eine Zinke trifft, in der zweiten auch genau dieselbe Bewegung bewirkt wie in der unmittelbar getroffenen. Diese Bewegung kann offenbar nur durch Vermittlung des Verbindungsbogens zu Stande kommen und muss somit die bewegende Kraft aus der horizontalen in die verticale Richtung übergehen.

Wenn der Stimmgabelstiel an seinem Ende longitudinal oder an seiner Seitenfläche selbst in einer Richtung, die senkrecht steht auf die Schwingungsebene der Zinken, gestossen wird, oder wenn das Verbindungsstück, in welcher Richtung immer selbst an der Bogenconcavität genau longitudinal gestossen wird, entsteht immer der Grundton; auch das ist nur möglich, wenn der Stoss sich nach den verschiedensten Richtungen ausbreiten kann. — Dass Glocken auch dann ihren Grundton hören lassen, wenn ihren Griff ein longitudinaler Stoss trifft, ist entschieden nur durch eine Ausbreitung des Stosses nach allen Richtungen, wenigstens einer Halbkugel, möglich.

Aber auch a priori lässt sich dieser Satz gewissermassen aus der Structur der homogenen Materie, bei der sämmtliche Theilchen in ganz gleichen Abständen von einander gedacht werden müssen, mit Bestimmtheit deduciren, wie das bereits im Aufs. II, pag. 15—17 auseinandergesetzt ist. — Aus diesem Satze ergeben sich weiter mehrere wichtige Consequenzen. Zunächst sei hervorgehoben, dass die Verdichtung und Verdünnung, die sich bei

Stimmgabeln am Verbindungsbogen entwickelt, sich nicht nur durch das ganze Verbindungsstück, sondern auch durch den Stiel und durch die Masse der Zinken selbst nach aufwärts ausbreiten. Die Verschiebungen, die die Verdichtung und Verdünnung in der Masse der Gabel bewirkt, sind selbstverständlich bezüglich ihrer Form, Richtung, der Zu- und Abnahme ihrer Geschwindigkeit von den transversalen wesentlich verschieden.

Es ist somit die Frage, ob in der Masse der Gabel ausser der transversalen auch noch andere Bewegungsrichtungen bestehen, ganz entschieden zu bejahen. Daraus folgt aber weiter, dass die Schwingungsform der Massentheilchen einer Gabel, ganz abgesehen von solchen Schwingungen, die den Obertönen zu Grunde liegen, so complicirt ist, dass sie mit einer einfachen Pendelschwingung kaum verglichen werden kann.

Nachdem nun die transversalen Schwingungen erwiesenermassen keinen directen Einfluss haben auf die Schallstärke, so muss man sich consequenterweise weiter fragen, ob nicht jene Verschiebungen, die aus den Verdichtungen und Verdünnungen am Verbindungsbogen resultiren, die Schallstärke beeinflussen. Die Thatsache, dass notorisch longitudinale Stösse, die den Gabelstiel oder die Concavität des Verbindungsbogens treffen, die denn doch blos Verdichtung zur Folge haben können, den Grundton der Gabel hervorrufen, deutet darauf hin, dass die Verdichtung allein schon nicht blos die Schallstärke beeinflussen, sondern das Erklingen des Grundtones überhaupt bewirken könne. Allein hier könnte man sich noch vorstellen, dass die Verdichtung, indem sie sich über den ganzen Verbindungsbogen ausbreitet, zu einer transversalen Bewegung der Zinken führe und erst diese letztere das Tönen zur Folge habe. Diese Vorstellung verliert aber vollkommen ihre Haltbarkeit, wenn man ihr gegenüberhält, dass der Grundton bis zur Dauer eines klopfenden Schalles abgekürzt ist, wenn der Gabelstiel in seinen Schwingungen gehemmt wird. Würde der Ton erst durch die indirect erregten transversalen Bewegungen zu Stande kommen, so müsste er, sobald er einmal zu Stande gekommen, persistiren; da die Transversalbewegungen der Zinken durch die Abdämpfung der Stielschwingungen erfahrungsgemäss nicht beeinflusst werden. Ebensowenig liesse sich die oben erwähnte Vorstellung mit der

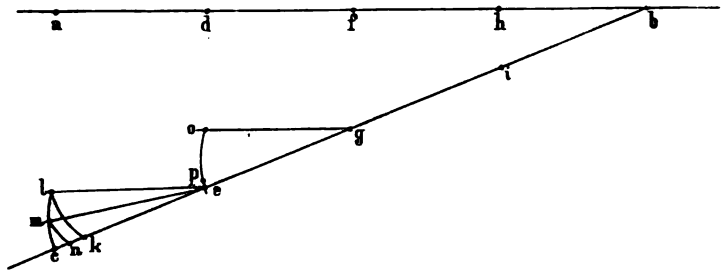
Thatsache in Einklang bringen, dass der Grundton auch dann erklingt, wenn man den Stiel einer an einem Faden hängenden Gabel an seiner Seitenfläche senkrecht auf die Schwingungsebene der Zinken wiederholt schwach stösst.

Wenn also die grösste Wahrscheinlichkeit vorliegt, dass die durch Verdichtung bewirkten Verschiebungen schon den Grundton hervorbringen, so bleibt nur noch zu prüfen, ob diese Verschiebungen auch die anfangs erwähnten auffälligen Erscheinungen in der Tonstärke der Gabeln zu erklären geeignet sind. Zu diesem Zwecke muss man die Intensität dieser Verschiebungen bei gleicher Stosskraft und verschiedenen Gabeldimensionen feststellen und diese mit der empirisch gefundenen Tonstärke vergleichen. Experimentell die Intensität der Verdichtungsverschiebungen zu bestimmen, ist offenbar unmöglich.

Die Berechnung dieser Verdichtung würde eine der schwierigsten Aufgaben für die analytische Mechanik abgeben. Bei Berechnung der Schwingungszahlen transversal schwingender Stäbe — zu denen auch die Stimmgabeln zu zählen sind — geht man bekanntlich von der Annahme aus, es sei die Kraft, welche den Stab während seiner Schwingungen aus der Lage der grössten Ausbiegung in die Ruhelage zurücktreibt, gleich der Last, die an seinem freien Ende angebracht werden muss, um ihn aus der Ruhelage in die der grössten Ausbiegung zu versetzen. Bei Berechnung dieser Last wird aber vorausgesetzt, es bestehe im ganzen Stabe auch nach dessen Belastung Gleichgewicht, d. h. der Widerstand gegen die Ausbiegung oder die Kraft, die zur Ruhelage zurückdrängt, sei am Befestigungspunkte des Stabes ebenso gross als an seinem freien Ende. Sie ist bekanntlich durch die Gleichung ausgedrückt: $P = F\frac{a\,b\,d^3}{l^3}$, wo F das Product einer Constanten in den Elasticitätscoëfficienten, a die Amplitüde, b die Breite, d die Dicke, l die Länge des Stabes ist. Diese Voraussetzung ist aber nur während der Belastung richtig, weil die Last als eine continuirlich wirkende Kraft zu betrachten ist. Anders verhält sich die Sache während der Schwingungen. So wie der Stab vermöge der Elasticität zur Ruhelage zurückkehrt, concentrirt sich die bewegende Kraft auch wieder am freien Ende, indem die Querschnitte in der Nähe vom

befestigten Ende einen um so grösseren Theil ihrer elastischen oder bewegenden Kraft übertragen müssen auf die Querschnitte am freien Ende, je näher sie dem ersteren; die Bewegungsgeschwindigkeit ist mithin am freien Ende am allergrössten und wird gegen den Befestigungspunkt hin immer kleiner.

Anmerkung. Dass die elastischen Kräfte, mithin auch die Verschiebungen zwischen den einzelnen Querschnitten von schwingenden Stäben, die an einem Ende befestigt sind, ungleich sein müssen, lässt sich durch folgende Betrachtung klarstellen.



Denkt man sich, es bestehe ein Stab aus den einfachen Punkten *a d f h b* der obenstehenden Figur, und sei derselbe in *b* befestigt; es werde der Stab durch eine bei *a* einwirkende Last in die Lage *c e g i b* gebracht; es habe diese Linie, die hier der Einfachheit halber als gerade dargestellt ist, eine entsprechende Krümmung, wobei aber doch die Abstände der einzelnen Punkte von einander, mithin auch die zwischen ihnen wirksamen elastischen Kräfte gleich gross sind, da die Belastung so lange andauert, bis das Gleichgewicht hergestellt ist. Die Grösse der elastischen Kraft sei durch die Vergrösserung der Abstände der Punkte von einander ausgedrückt. Wird nun die Last von dem Punkte *c* (respective *a*) entfernt und kehrt der Stab in die Gleichgewichtslage zurück, so muss vor allem festgestellt werden, wo die Bewegung beginnt? Da die Punkte *e g i* durch ganz gleiche elastische Kräfte nach zwei entgegengesetzten Richtungen gezogen werden — nämlich *e* gegen *c* und gegen *g*, eben so *g* gegen *e* und gegen *i* u. s. w. — so kann keiner dieser Punkte sich zu bewegen beginnen, sondern, da auch *b* befestigt ist, nur der Endpunkt *c* (respective *a*). Die Geschwindigkeit, mit der *c* die Bewegung beginnt, ist der elastischen Kraft zwischen *c* und *e* und diese der Verschiebung aus der Ruhelage proportional. Ziehen wir *l e* parallel und gleich *a d* und schneiden *c k* = *l e* = *a d* ab, so ist *c k* die Länge, ∢ *l e c* der Winkel der Verschiebung, die Bewegungsrichtung für den Punkt *c* sonach in dem Bogen *c l* liegen. Nehmen wir nun

der Zeit τ, die verstreichen muss, bis sich die Bewegung dem nächsten Theilchen mittheilt, bis m, so beträgt die Annäherung von c an e cn, wenn $mc = ne$ ist; der Verschiebungswinkel wird um den $\sphericalangle mec$ verkleinert. Durch beides wird die elastische Kraft vermindert. Bezeichnen wir sie mit p und berücksichtigen wir nur die geradlinige Annäherung der Punkte an einander, so ist die elastische Kraft im zweiten Zeittheilchen $\tau = p - p\frac{cn}{ck}$.

Wäre e unbeweglich, so würde die Beschleunigung sowohl im zweiten, als auch in jedem der nächstfolgenden Zeittheilchen τ blos um eine bestimmte Grösse verkleinert. Da jedoch e auch beweglich ist, so muss es in dem Momente, wo c in m anlangt, auch in Bewegung gerathen, weil $eg > me$; die Richtung seiner Bewegung muss im Bogen eo liegen, und die bewegende Kraft gleich sein der Differenz zwischen den Kräften, die einerseits zwischen e und g, andererseits zwischen m und c wirken, d. i. $= p\frac{cn}{ck}$, also jedenfalls kleiner als p.

Nehmen wir an, es gelange e in dem zweiten Zeittheilchen τ etwa bis p, so wird die Verschiebung des Punktes e nicht blos auf g, sondern auch auf c zurückwirken, denn indem er sich g nähert, entfernt er sich wieder von c. Durch die Entfernung wächst aber wieder die elastische Kraft zwischen c (respective m) und e, die durch die Bewegung des c allein abnehmen müsste, um eine bestimmte Grösse an, d. h. es muss die zwischen e und g wirksame Kraft zum Theile sich auch auf c übertragen. — Im dritten Zeittheilchen τ wird auch g in Bewegung sein. Seine bewegende Kraft wird wieder kleiner sein als die des e war im zweiten Zeittheilchen. Die Bewegung des g wirkt sowohl auf i als auch zurück auf e ganz in derselben Weise, wie die Bewegung des c auf c zurückwirkte, d. h. die zwischen g und i wirksame Kraft muss sich zum Theile auf e übertragen. Von e muss sich aber auch die übertragene Kraft ebenso wie die ihm ursprünglich eigen gewesene weiter auf c übertragen u. s. w. Es ist sonach zu ersehen, dass die bewegende Kraft der Querschnitte vom befestigten Ende sich übertragen muss auf die Querschnitte am freien Ende, so dass die Endgeschwindigkeit der letztern schliesslich einen grossen Theil der elastischen Kräfte zwischen allen Querschnitten in sich concentrirt. Dass diese Ungleichheit während der schwingenden Bewegung sich nicht mehr ausgleichen könne, ist bereits im Texte hervorgehoben und leicht einzusehen.

Hat der Stab die Ruhelage erreicht und bewegt er sich vermöge der Trägheit über diese hinaus, so kann diese Bewegung nur als eine solche betrachtet werden, die durch eine momentan wirkende Kraft erzeugt wird. Da die

Geschwindigkeit am freien Ende weitaus grösser ist als an irgend einem anderen Punkte, so muss ihr Überschuss während der Bewegung sich successive allen Querschnitten des Stabes mittheilen und dadurch schliesslich auf 0 reducirt werden. Die transversale Verschiebung, die die einzelnen Querschnitte in Folge der neuerlichen Ausbiegung nach entgegengesetzter Richtung erleiden, muss ihrer Bewegungsgeschwindigkeit proportional sein. Die Bewegungsgeschwindigkeit muss aber, weil sie ursprünglich schon gegen das befestigte Ende immer kleiner war, und weil selbst die Acceleration, die vom freien Ende ausgeht, um so kleiner wird, je grösser die Zahl der Querschnitte, auf die sie bereits übergegangen ist, gegen das befestigte Ende immer kleiner, somit auch die transversale Verschiebung immer kleiner werden. Am Verbindungsbogen, wo die transversale Verschiebung in eine Verdichtung übergeht, muss die Verdichtung consequenterweise ebenfalls um so kleiner ausfallen, je grösser die Anzahl der Querschnitte, auf die sich die vom freien Ende ausgehende Acceleration vertheilen muss, oder je länger der Stab. In welchem Verhältnisse die Abnahme der Bewegungsgeschwindigkeit gegen das befestigte Ende stattfindet, mögen — falls diese ganze Betrachtung richtig befunden wird — die Fachmathematiker berechnen. Für die Richtigkeit der soeben entwickelten Anschauung kann übrigens auch als thatsächlicher Beweis die Krümmungsform der schwingenden Stimmgabelzinken angeführt werden. Es wurde bereits oben mitgetheilt, dass diese Krümmung gegen das freie Ende am stärksten ist, es muss also da auch die horizontale Verschiebung die grösste sein. Es braucht wohl kaum noch hervorgehoben zu werden, dass in dieser Anschauung wenigstens ein Erklärungsgrund enthalten ist für die Thatsache, dass hohe Gabeln lauter tönen als tiefe, sobald das Tönen als durch die Verdichtung bewirkt erkannt ist. Die Thatsache, dass die Ausbiegung dicker Zinken tiefer hinabreicht gegen das befestigte Ende als die dünner, steht nach dieser Anschauung wenigstens ebenfalls im Einklang mit dem Lautertönen der ersteren.

Dass der Verbindungsbogen in Folge der Verdichtung, die er erleidet, auch eine transversale Ausbiegung nach entgegengesetzter Richtung als die Zinken machen müsse, ist selbstver-

ständlich, allein die Amplitüde dieser Ausbiegung muss gleich der eines an beiden Enden befestigten Stabes bekanntlich aus derselben Formel berechnet werden, wie die eines blos an einem Ende befestigten; nur der constante Coëfficient ändert sich; es muss also diese Amplitüde nach der oben erwähnten Gleichung, wenn wir sie mit a' bezeichnen $= \frac{Pl^3}{F'bd^3}$ sein, wobei F wieder den Elasticitätscoëfficienten, multiplicirt mit einer andern Constanten, bedeutet. Da nun die Länge des Verbindungsbogens verschwindend klein ist, namentlich im Verhältnisse zur Dicke, so ist es seine Amplitüde ebenfalls. In der That kann man sich überzeugen, dass bei weitem dünnem Verbindungsbogen seine Excursionen wenigstens für den Tastsinn leichter bemerkbar werden am Gabelstiele, als bei engeren.

Nach alledem dürfte es kaum mehr gewagt erscheinen, die Behauptung auszusprechen, dass das Tönen der Stimmgabeln hauptsächlich von jenen Verschiebungen abhänge, die in Folge der Verdichtung und Verdünnung am Verbindungsbogen in der ganzen Masse der Gabel entstehen; da nur diese Verschiebungen, von denen es durch Thatsachen bereits nachgewiesen wurde, dass sie überhaupt tönen können, genau von denselben Bedingungen abhängen, von denen auch die Gehörsphänomene sich abhängig erweisen, somit nur sie mit diesen letzteren sich vollständig decken.

Aus dieser Behauptung erklären sich folgende der bereits angeführten Erscheinungen.

Die hohen Obertöne, die durch den Stoss mit harten Körpern besonders in grösseren Gabeln gebildet werden, müssen aus der Verdichtung, die an der Stossstelle sich bildet, unmittelbar hervorgehen, denn man kann sie auch durch longitudinalen, überhaupt durch jeden, nach welcher Richtung immer geführten Stoss erregen, während sie beim Streichen der Gabeln mit dem Bogen constant fehlen; überdies sind sie um so lauter, je härter der stossende Körper. In hohen kurzen Gabeln können die hohen Obertöne nicht so deutlich hervortreten, weil sie bei der Kürze der Zinken von zu kurzer Dauer sind und weil sie durch den hier schon viel lauteren Grundton gedeckt werden. Bei transversal schwingenden Stäben hat die transversale Bewegung an den

meist concaven und convexen Punkten ähnliche Verdichtungen und Verdünnungen zur Folge wie bei Stimmgabeln. Die aus den Verdichtungen resultirende Druckkraft muss auch hier mit der Länge des Stabes ab-, mit seiner Dicke zunehmen, so dass die Stärke der Töne auch hier sich mit der Intensität der longitudinalen Verschiebungen vollständig deckt.

Der durchdringend laute hohe Ton, den man bei stärkerem Andrücken des Bogens, namentlich an die Randflächen, erhält, geht offenbar aus direct gebildeten Verdichtungs- und Verdünnungsverschiebungen hervor, was man auch schon daran erkennt, dass dieser Ton nur so lange oder nur kaum merklich länger dauert als das Streichen mit dem Bogen, während die gleichzeitig entstehende transversale Bewegung jenen lange überdauert.

Aus der Thatsache, dass Verdichtungen und Verdünnungen sich in jeder homogenen Masse nach allen Richtungen ausbreiten, ergibt sich weiter die sehr wichtige Consequenz, dass die durch dieselben bewirkten Verschiebungen unmöglich geradlinig sein können. Es muss nämlich durch die Verdichtung ausser dem longitudinalen auch noch ein lateraler oder transversaler Druck zu Stande kommen. Der Widerstand gegen den Druck überhaupt ist aber im Innern der Masse offenbar weitaus grösser als an den freien Flächen. In dem Momente also, wo der laterale Druck die Aussenfläche erreicht, weichen ihm die Massentheilchen leichter aus, indem sie sich nach aussen bewegen. Die Folge davon ist, dass jeder Oberflächenpunkt in zweierlei Art auf die Massentheilchen zurückwirken muss. Einmal, indem er sich bei vermindertem Widerstande schneller nach aussen bewegt als die inneren Theilchen und durch seine Bewegung transversal neue Impulse abgibt. Ein zweitesmal aber auch, indem durch seine Bewegung nach aussen der Widerstand gegen den Druck im Innern nach dieser einen Richtung sich vermindert, somit die Massentheilchen dem allseitigen Drucke nach dieser einen Richtung ausweichen; da nun das seitliche Ausweichen continuirlich immer neue Oberflächentheile trifft, so muss auch das Ausweichen im Innern der Masse, d. i. die Veränderung der Bewegungsrich-

tung, eine continuirliche sein, d. h. die Verschiebungsbahnen müssen krummlinig sein.

Bezüglich fester Körper ist dieses Verhältniss bekanntlich schon inductiv direct erwiesen, indem sich gezeigt hat, dass bei der Erregung von longitudinalen Schwingungen immer auch transversale auftreten, beide zusammen aber nothwendig krummlinige Bahnen zur Folge haben. Aber auch von Luftsäulen, die von starren Wänden begrenzt sind, lässt sich dasselbe mit Entschiedenheit behaupten, da sonst durch die Schwingungen der ersteren nicht auch die letzteren in Schwingungen versetzt werden könnten, was bekanntlich immer der Fall ist. Anderseits ist dieses Verhältniss auch schon im Aufs. II, pag. 22 als Postulat einer vorausgegangenen Analyse hingestellt. Die krummlinigen Bahnen sind aus stärker, und schwächer gekrümmten oder auch geradlinigen Bestandtheilen zusammengesetzt; letztere rühren von der Excursion der Massentheilchen an den freien Flächen her und müssen um so mehr über die ersteren überwiegen, je grösser diese Excursionen ausfallen, und umgekehrt. Das Andauern von schwingenden Bewegungen ist nur durch geradlinige Excursionen möglich, was sich schon aus der Thatsache ergibt, dass Schwingungen, die durch dauernde äussere Einwirkung (z. B. durch longitudinales Streichen von Stäben etc.) angeregt werden, nur so lange dauern, als die äussere Kraft einwirkt; da die Bildung einer regelmässigen geradlinigen Bewegung durch die andauernde ununterbrochene Wirkung der äussern Kraft verhindert wird. Aus alldem erklärt sich manche Thatsache, so z. B. dass man bei Glas-, Stein- und Metallplatten und Stäben constant durch Klopfen ganz dieselben Klänge erhält, wenn man den Stoss longitudinal, als wenn man ihn transversal führt; ebenso alle an Stimmgabeln beschriebenen Erscheinungen, wenn man auf den Stiel oder das Verbindungsstück klopft.

Aus der Art und Weise, wie durch Verdichtungen und Verdünnungen krummlinige Bewegungen entstehen, ergibt sich, dass dieselben um so complicirter ausfallen müssen, je grösser die Stoffmasse und deren freie Flächen. Nun hat sich aber aus vielen Thatsachen, die in den Aufs. III und IV mitgetheilt sind, der Schluss ergeben, dass die Stärke des Schalles innerhalb gewisser Gränzen einen gewissen Parallelismus einhält mit dem

Complicationsgrade der Schwingungsform: folglich muss, da der Complicationsgrad von der Grösse der Stoffmasse und der Grösse ihrer freien Flächen abhängt, die Schallstärke auch zu diesen beiden Factoren innerhalb bestimmter Gränzen in geradem Verhältnisse stehen. Im allgemeinen erfordern tiefe Töne bei gleicher Tonstärke einen höheren Complicationsgrad, also grössere Stoffmassen, als hohe, oder umgekehrt grössere Stoffmassen, grösserer Flächeninhalt, geben caeteris paribus tiefere Töne als kleinere. Dieser Satz erhält seine Bestätigung schon durch eine grosse Anzahl von Thatsachen, die im Aufs. I angeführt sind, nur muss dort überall der erste oder Eigenschall der Körper sorgfältig von dem viel lauteren Schall der umgebenden Luft unterschieden werden. So z. B. nimmt die Intensität des ersten Schalles mit der Stossstärke bei grösseren Körpern viel länger zu als bei kleineren etc. (Aufs. I, pag. 18, 19.) Aehnliche Erscheinungen finden sich unter dem Capitel „Schallhöhe" (I, pag. 28 u. f.). Aus dem Aufsatz II ist unter vielen nur die eine Thatsache zu citiren, dass der zweite Schall bei Platten, d. i. der als Luftresonanz bezeichnete, um so tiefer und lauter wird, je grösser und dünner die Platte. (Aufs. II, pag. 7, 8 u. f.) Im Aufsatze III wurde die Thatsache angeführt, dass Stimmgabeln im allgemeinen nur in Platten von bestimmter Grösse Resonanz erregen, dass die Minimalgrösse der Plattenmasse zu der Tiefe der Töne im geraden, zu der Dichte der Stoffe in umgekehrtem Verhältnisse stehe (vgl. III. pag. 2 bis 4); dass zu kleine Platten tönend werden, wenn ihre Hauptfläche mit einer bestimmten Menge Wasser in Contact gesetzt wird (III, pag. 7). Von nicht geringerer Beweiskraft ist auch noch die Thatsache, dass Lufträume überhaupt nur dann Resonanz zeigen, wenn sie selbst und auch ihre Berührungsfläche mit der äussern Luft eine bestimmte Grösse haben (vgl. V, pag. 3 bis 4). — Dieses Verhältniss dürfte dazu beitragen, dass die zweite der oben aufgestellten Fragen, „warum nämlich Stimmgabeln an und für sich überhaupt nicht hinreichend laut tönen," zufriedenstellend beantwortet werden könne. Es scheint nämlich die Stoffmasse der Gabeln für den ihnen durch die transversalen Schwingungen gewissermassen aufgezwungenen Ton zu klein zu sein, und zwar dies um so mehr, je kleiner ihre Dimensionen. Der Eigenton der Gabelmasse, d. h. derjenige, der durch unmit-

telbar angeregte Verdichtungs-Verschiebungen erzeugt würde, müsste nämlich naturgemäss weitaus höher sein als ihr jetziger Grundton, wie sich das auch in der That an den direct angeregten Obertönen zeigt. Dieses Verhältniss erklärt auch vollkommen befriedigend, dass Gabeln mit grösseren Dimensionen bei gleicher Höhe lauter tönen als solche mit kleineren.

Da Verdichtungen und Verdünnungen schon für sich allein geeignet sind, Schall zu geben, und anderseits die transversalen Excursionen, wie wir gesehen, auf die Stärke des Schalles gar keinen directen Einfluss haben, so kann man wohl ohne weiteres die Behauptung aufstellen, dass wenigstens bei Stimmgabeln (wahrscheinlich aber auch bei allen anderen Formen tönender Körper) transversale Bewegungen an und für sich keinen Schall geben. Da aber transversale Excursionen an und für sich immer entweder geradlinig oder nur sehr flach gekrümmt, d. i. nahezu geradlinig sind; da eine geradlinige Bewegung immer nur einen einzelnen, wenn auch kräftigen Impuls abgibt im Gegensatze zur krummlinigen, die sehr viele, wenn auch sehr schwache Impulse abgeben, so lässt sich obige Behauptung auch so ausdrücken: Ein einfacher Impuls afficirt das Gehörorgan noch nicht, sondern nur eine periodisch wiederkehrende Summe von Impulsen. Die transversalen oder geradlinigen Bewegungen sind überall ausnahmslos nur als Erreger longitudinaler Verschiebungen für den Schall nothwendig, und wirken ebensowohl auf den transversal schwingenden Körper selbst zurück, als auch auf alle andern mit ihm in Contact stehenden Stoffmassen, inclusive die Luft; indem sie in letzteren durch directe Stösse Verdichtungen und Verdünnungen, d. i. eigentliche Schallschwingungen erregen. Die Wirkung der transversalen Bewegung besteht sonach, indem sie Verdichtung und Verdünnung erregt, darin, dass sich die geradlinige Bewegungsform in eine krummlinige umsetzt. Haben sich alle geradlinigen Bestandtheile einer Bewegung in krummlinige umgesetzt, so hört in der That die weitere schallerregende Wirkung derselben auf. Hierin liegt der Unterschied zwischen einfacher Schallleitung und Schallverstärkung oder Resonanz. Hieraus erklärt es sich, dass die Stärke von secundär erregtem Schall in erster Linie von der Grösse der transversalen

oder geradlinigen Excursionen des erregenden Körpers abhängt; je kleiner diese letzteren, um so weniger Resonanz erregen sie. Dieses Verhältniss erklärt in der That alle jene Thatsachen, die oben als auf die resonanzerregende Wirkung des Schalles bezüglich angeführt wurden, dass nämlich an Stimmgabeln die hohen Obertöne, die man durch Klopfen mit harten Körpern erhält, von dem Resonanzkasten viel weniger verstärkt werden als der Grundton, und von andern Resonanzböden fast gar nicht.

Ferner, dass die Excursionen an der cylindrischen Seitenfläche des Stimmgabelstiels viel schwächere Resonanz erregen als die der kleinen Endfläche, offenbar werden letztere durch die transversalen Excursionen des Verbindungsstückes in toto wesentlich verstärkt. Selbst die Ausnahmen, die erwähnt wurden, bestätigen die Regel, da sie hohe Gabeln mit dickeren breiteren Zinken betreffen, bei denen die transversalen Excursionen eo ipso kleiner, die longitudinalen Verschiebungen intensiver ausfallen müssen. Man könnte allerdings darauf hinweisen, dass die Schraubengänge am Gabelstiele auch eine schräg nach abwärts gerichtete Fläche haben, die die abwärts gerichteten Excursionen des Verbindungsstückes auch übertragen könnten; allein diese Schraubengänge sind denn doch schräg, ihre Flächen sehr schmal, und gehen ihre Stösse nicht unmittelbar auf die Kastenwand, sondern auf die ebenfalls schrägen sehr schmalen und dünnen Schraubenmutterwindungen über.

Ebenso erklärt es sich, dass bei einfachen Stäben der durch Streichen mit dem Bogen bei starkem Drucke hervorgerufene durchdringende Ton, der, wie oben erwähnt, aus directen Verdichtungs- und Verdünnungs-Verschiebungen hervorgeht, durch die Unterlage des Stabes gar nicht verstärkt wird — was auch von den hohen Tönen, die durch Klopfen mit einem Metallknopf erregt werden, gilt.

Schliesslich erklärt das angegebene Verhältniss auch die Thatsache, dass Stäbe, die durch longitudinales Streichen tönend werden, entweder gar keine oder nur sehr wenig Resonanz erregen.

Fasst man die bisher aufgestellten Behauptungen: „es tönen blos Verdichtungs- und Verdünnungs-Verschiebungen;“ „die Stärke der Töne hängt unter andern auch von der Grösse der tönenden Stoffmasse ab;“ und „nur transversale oder geradlinige Excursionen erregen Resonanz,“ zusammen, so erklären sich auch noch die folgenden bereits angeführten Thatsachen. Zunächst die, dass Stimmgabeln in der Nähe des Ohres unverhältnissmässig laut tönen u. s. w. Es erklärt sich dieses Factum durch die Annahme, dass das Gehörorgan selbst, namentlich die Luftsäule des äusseren Gehörganges, das Trommelfell, Mittelohr und wahrscheinlich auch ein Theil des knöchernen Gehäuses, gewissermassen einen Resonanzboden bilde, der durch transversale Schwingungen tönend gemacht wird, wie das doch bekanntlich von den Schädelknochen überhaupt gilt, wenn man den Gabelstiel irgendwo an dieselben ansetzt. Diese Annahme, wie gesagt, erklärt ganz ungezwungen alle hieher gehörigen Erscheinungen. Da nämlich die Complication der Schwingungsform eine wesentliche Bedingung der Schallbildung ist, und diese eine bestimmte Grösse der Stoffmasse voraussetzt, so muss, wenn die Schallschwingungen sich erst im Gehörorgane selbst bilden sollen, offenbar ein mehr weniger bedeutender Theil der Schädelknochen mit dazu beitragen, der Bewegung die entsprechende Complication zu verleihen. Hat die Bewegung aber schon in der Luft die entsprechende Complication, so ist das Mitschwingen der Schädelknochen mit Ausnahme der Gehörknöchelchen nicht nothwendig. Es ist mithin ganz klar, dass im ersten Falle die Stosskraft der primären Schwingungen, da sie sich auf eine grosse Stoffmasse vertheilen muss, auch viel rascher ungenügend wird als im letzteren. Ebenso klar ist es, dass die mächtigeren Excursionen tieferer Gabeln noch auf viel grössere Distanzen Resonanz erregen als die der höheren; dass letztere in unmittelbarer Nähe einen viel schrillern Ton hören lassen, da neben dem Resonanzton auch noch der Eigenton vorhanden ist. Auch der ganz verschiedene Charakter der tiefen und hohen Töne, der anfangs erwähnt wurde, wäre vielleicht aus dem Umstande zu erklären, dass bei ersteren die Luft in der Umgebung der Gabelenden sich viel mehr an der Schallbildung betheiligt als bei letzteren. Zu erwähnen wäre nur noch, dass die hier ausgesprochene

Annahme speciell für die medicinische Diagnostik ungemein wichtig sei.

Ferner ist nach den erwähnten Sätzen auch die Thatsache einfach zu erklären, dass selbst Stimmgabeln, die an und für sich nicht tönen, doch laute Resonanz erregen können. Eben deshalb ist es wohl überflüssig, in minutiöse Details hiebei einzugehen. Es genügt, darauf hinzuweisen, dass z. B. feste Resonanzböden nur durch die geradlinigen Excursionen der Stieloberfläche in Schwingungen versetzt werden, dass durch dieselben im Resonanzboden zunächst nur Verdichtungen und Verdünnungen, und erst mittelst dieser bei grösseren Platten auch transversale Bewegungen gebildet werden (vgl. III, pag. 12 u. 13); insbesondere ergibt sich das Vorhandensein transversaler Bewegungen u. a. aus dem Verhalten der Tonstärke von Resonanzkästen, wenn dieselben frei in der Luft gehalten werden, also auch transversal schwingen können, und wenn sie auf einer festen Unterlage auf soliden Stegen ruhen, in welchem Falle sie nicht transversal schwingen können (vgl. IV, pag. 7). Während die Verdichtungen und Verdünnungen in der an und für sich schon grosse Flächen darbietenden und viel leichter verschiebbaren Masse des Resonanzkastens hinreichend complicirte Bewegungsformen erzeugen, wirken die transversalen Excursionen ihrer Oberfläche auch noch auf die Luft, erzeugen in ihr neue Verschiebungen, wobei zum Überflusse auch noch die Luft des Hohlraumes auf die äussere Luft schallerregend wirkt (vgl. II, pag. 19—21).

Auch die Interferenzphänomene, die an den Stimmgabeltönen auftreten, wenn auf den Resonanzkasten ein Resonator einwirkt, lassen sich nach dem Vorausgegangenen leicht erklären. Es verhalten sich, wie schon erwähnt, tiefe Gabeln anders als hohe; bei ersteren entsteht nur geringe, bei letzteren bedeutende Schwächung, sogar vollständiges Schwinden des Tones, und bleibt überdies im Resonator ein sehr schriller Ton hörbar, auch wenn von aussen gar nichts zu hören ist. Die Erklärung dieser Erscheinungen ist im Folgenden enthalten:

Bei den tiefen Gabeln, deren Resonanzkästen grosse Lufträume, dickere und grössere Wände haben, erreichen die mit-

getheilten Schwingungen schon innerhalb des Resonanzkastens jene Complication, die zum Tönen nothwendig ist (vgl. Aufs. III, pag. 2, 3 u. f.). In der freien Luft steigert sich die Complication der Schwingungen noch weiter und der Ton wird lauter, ohne seine Klangfarbe zu ändern; es bleibt also nur ein Ton. Die in den Resonator eindringenden Schallschwingungen erzeugen in ihm nach den bekannten Gesetzen (vgl. II, pag. 10 u. 11) einen neuen Resonanzton, der aussen mit dem ursprünglichen sich interferirt. In grösserer Entfernung hebt die Interferenz nur jenen Antheil des Kastentones auf, der in der freien Luft sich bildet, dabei bleibt noch der Eigenton des Kastens, der hinreichend laut ist und die gleiche Klangfarbe hat. Bei grösserer Annäherung trifft die Interferenz auch schon den im Innern des Kastens gebildeten Ton, so dass die Schwächung noch bedeutender wird; doch kann der letztere Tonantheil vermöge der räumlichen Verhältnisse nicht so ganz aufgehoben werden, wie der in der äussern Luft gebildete.

Bei Verdeckung der Kastenmündung fällt der in der freien Luft gebildete Tonantheil weg, aber es bleibt noch der Eigenton des Kastens.

Bei der Annäherung des Resonators an die Gabelenden erzeugen die starken transversalen Excursionen der letzteren im ersteren eine hinreichend laute Resonanz, die sich mit der Kastenresonanz interferirt; in grösster Nähe ist jedoch die Resonanz des Resonators so laut, dass sie jene des Kastens weit überragt, so dass die Wirkung der Interferenz nicht bemerkt werden kann.

Bei hohen Gabeln haben die Resonanzkasten einerseits viel dünnere kleinere Wände, anderseits ist auch das Volumen der Luft in ihrem Hohlraume ein viel kleineres, so dass die übertragenen Schwingungen im Innern des Kastens noch nicht hinreichend complicirt sind, um für sich allein schon laut zu tönen. Erst in der äusseren Luft bildet sich allmälig der entsprechende Complicationsgrad der Bewegungsform aus, hier erst entsteht der laute, frei hörbare Resonanzton.

In den Resonator dringen somit in grösserer Entfernung schon wirkliche Schallschwingungen ein, die nach ihrer Reflexion die in der äusseren Luft gebildeten tönenden Schwingungen auf-

heben, so dass dann nur noch die nicht tönenden Eigenschwingungen des Kastens übrig bleiben, deshalb verschwindet hier der Resonanzton fast vollständig. In grösserer Nähe entsteht zunächst eine Verstärkung der nicht tönenden Schwingungen des Kastens sowohl in diesem als auch im Resonator; hiebei hört man von aussen selbstverständlich doch nichts oder nur sehr wenig; namentlich dürfte die Klangfarbenänderung, die der von aussen noch hörbare äusserst schwache Ton erleidet, hierauf zu beziehen sein. Diese Verstärkung wurde auch bei den tiefen Tönen, aber als wirkliche Tonverstärkung, constatirt. Bei noch grösserer Annäherung beider Hohlräume interferiren sich auch die an und für sich nicht tönenden Schwingungen im Innern des Kastens und des Resonators, und werden in dem Grade schwächer, als die Annäherung zunimmt. Durch das Höhrrohr wirken aber die an und für sich nicht tönenden Schwingungen genau so auf das Gehörorgan, wie die Enden der schwingenden Gabelzinken in nächster Nähe; sie erzeugen nämlich jenen schrillen Ton, der als theils für sich allein, theils neben dem wirklichen Resonanzton bestehend constatirt wurde.

Bei Verdeckung der Kastenmündung bleiben im Innern desselben gar keine schallgebenden Schwingungen, und selbst durch das Hörrohr wirken die vorhandenen nicht tönenden Schwingungen weitaus nicht so intensiv auf das Gehörorgan, als die aus dem Innern des Resonators; offenbar weil letztere in dem viel kleineren Raume viel concentrirter, ausserdem aber wahrscheinlich auch schon complicirter geformt sind als erstere.

In der Nähe der Gabelenden entstehen im Resonator wegen der Kleinheit der transversalen Excursionen offenbar schon zu schwache Schallschwingungen, um an der Kastenresonanz Interferenzerscheinungen hervortreten zu lassen.

Es bleibt nun noch die Frage zu beantworten: Warum bei Schwingungen, die durch longitudinale Impulse erregt werden, jene Interferenzerscheinungen fehlen, die bei Transversalschwingungen auftreten? und warum die Töne von Labialpfeifen in Bezug auf Interferenz so sehr abweichen von den Tönen der Zungenpfeifen?

Diese Frage dürfte vielleicht durch folgende Betrachtung ihre Lösung finden. Vor allem ist wiederholt hervorzuheben, dass auch die in der Luft unmittelbar erregten Schallschwingungen krummlinig sein müssen, und nur insoferne geeignet seien, Resonanz zu erregen, als die im allgemeinen krummlinigen Bahnen auch geradlinige Bestandtheile enthalten; da doch die mechanischen Bedingungen in begränzten Lufträumen ganz analog sind denjenigen fester Körper; es besteht nur der Unterschied, dass bei letzteren an der Oberfläche der Widerstand gegen Verdichtungsverschiebungen sich vermindert, bei ersteren hingegen sich theils vermehrt — den starren Wänden entlang — theils vermindert — an der Öffnung des Hohlraumes. Ausserdem war doch schon früher darauf hingewiesen worden, dass das Mitschwingen der Luftraumwandungen nothwendigerweise auch einen lateralen Druck anzeigt. Im freien Luftraume müssen die geradlinigen Impulse schon zufolge der im Aufs. II, pag. 16, 17 gegebenen Andeutungen nothwendigerweise krummlinig werden, da doch überdies eine gleichmässige Ausbreitung der Bewegung nach allen Richtungen einer Kugeloberfläche gar nicht denkbar wäre, wenn die Bewegung aller Theilchen eine geradlinige bliebe.

Vergegenwärtigt man sich nun das Wesen der Interferenz, so muss es a priori schon einleuchten, dass sich nur geradlinige Bewegungen gegenseitig derart beeinflussen können, dass die Wirkung des Einflusses während der ganzen Dauer einer Schwingung gleichmässig bleibt, während bei krummlinigen Bewegungen die genannte Wirkung eine in jedem Momente wechselnde, mithin oft innerhalb einer Schwingungsdauer eine sich selbst entgegengesetzte sein kann; in welchem Falle sie dann nach aussen selbstverständlich entweder gar nicht oder nur in geringem Grade erkennbar sein wird. Denkbar ist wohl auch der Fall, dass sich die Impulse zweier krummliniger Schwingungen doch auch an allen Punkten der Schwingungsbahn in vollkommen gleichmässiger Weise decken, doch dürfte dieser Fall wohl nur unter besonders günstigen Bedingungen eintreten, z. B. wenn etwa die entgegengesetzten Schwingungen noch innerhalb eines und desselben Raumes, in dem sie gebildet werden, sich auch schon interferiren, wie das bei den Interferenzversuchen von R. Kane (Poggendorf, Annal. Bd. 37) der Fall ist.

In jedem anderen Falle könnte man, wie gesagt, a priori behaupten, dass sich nur die geradlinigen Bestandtheile der bezüglichen Schwingungsbahnen gleichmässig und nach aussen erkennbar interferiren werden, dass mithin insbesondere die Schwächung eines Schalles durch Interferenz um so auffälliger sein wird, je grösser die geradlinigen Bestandtheile seiner Schwingungen. Dieser Satz ist es in der That, durch den sowohl die bezüglichen Interferenzphänomene an Platten und Scheiben, namentlich die Differenz zwischen transversalen und longitudinalen Schwingungen, als auch die an Labial- und Zungenpfeifen beschriebenen Phänomene, ihre ungezwungene Erklärung finden. Was erstere anbelangt, so gehen von den Hauptflächen der Platten bei longitudinalem Stosse offenbar krummlinige, bei transversalem auch geradlinige Impulse aus, daher nur in letzterem Falle Interferenz. Klänge gehen offenbar theils als in den Scheiben schon gebildete krummlinige, theils als erst in der Luft umzuwandelnde geradlinige Bewegungen von den festen Körpern aus.

Von den Pfeifen dürfte Folgendes gelten:

Im Innern der Labialpfeifen bilden sich durch das Anblasen schon hinreichend complicirte krummlinige Schwingungen, die aber der Octave des Grundtones entsprechen. An der Oeffnung der Pfeife, wo sich der Widerstand gegen die Verschiebungen nach einer Richtung vermindert, verlängern sich dieselben nach jener Richtung, bilden dadurch gewissermassen eine geradlinige Bewegung. Dieses geradlinige Stück der Bewegungsbahn bildet in der äussern Luft in der schon im Aufs. II angegebenen Weise ein neues System von Verschiebungen, aus denen der tiefere, d. i. der eigentliche Grundton hervorgeht. Die Bildung dieses Tones kann nun durch Interferenz, so lange die dieselbe veranlassende Bewegung geradlinig ist, verhindert werden, während der im Innern schon gebildete höhere Ton, eben weil er bereits aus krummlinigen Bewegungen hervorgeht, nicht mehr der Interferenz unterliegt, mithin auch durch einen gleichgestimmten Resonator nicht mehr geändert wird. Aber auch jener tiefere Ton wird nur so lange der Interferenz unterliegen, bis die ihn veranlassende geradlinige Bewegung sich in eine krummlinige umgesetzt hat, was doch nur mit Hilfe eines bestimmten Quantums der

äusseren Luft möglich ist; ist diese Umsetzung vollständig bewirkt, so unterliegt auch der tiefere Ton nicht mehr der Interferenz; deshalb lässt sich auch hier eine Wiederholung der Schwächung und Abänderung des Tones durch den Resonator durchaus nicht mehr constatiren. Hierin liegt auch schon ein unterscheidendes Moment zwischen Orgelpfeifen- und Stimmgabel-Resonanztönen. Bei letzteren ändert sich nämlich der geradlinige Theil der Schwingungsbahn nicht vollständig in eine krummlinige um, deshalb wiederholt sich in bestimmten Distanzen die Interferenz. In der That ist auch die Ausbreitung dieses Resonanztones im Luftraume keine nach allen Richtungen gleichmässig fortschreitende wie die der Orgelpfeifentöne, sondern man hört denselben constant in der Richtung der Achse des Resonanzkastens wesentlich lauter als in allen andern Richtungen; es kann sogar geschehen, dass man ihn eben nur noch in jener einen Richtung deutlich hört, in allen anderen gar nicht.

Bei Zungenpfeifen erreichen die Schwingungen schon durch die Bewegung der Zunge den höchsten Grad der Complication. Ausserdem wird sowohl die Kraft des Luftstromes durch die Zunge gebrochen, als auch seine ursprüngliche Richtung abgeändert. Das Rohrstück, dessen Mündung durch die Zunge abgeschlossen wird, ist verhältnissmässig sehr klein, erweitert sich etwas nach oben, das sind Momente, die die Bildung geradliniger Elongationen an der freien Mündung nicht begünstigen, deshalb fehlen auch diese, mithin auch ein in der freien Luft gebildeter Eigenton, folglich kann auch keine Interferenz auftreten. Bei den aufschlagenden Zungen entstehen in der Metallmasse der Zunge sehr intensive Schwingungen, die die Bildung einer Resonanz in den Resonatoren möglich machen, während dieselbe bei durchschlagenden Zungen viel zu schwach ist.

Als Schlussbetrachtung mögen nun noch einige wenige Worte gestattet sein. Der menschliche Organismus ist zur Perception schwingender Bewegungen mit vier verschiedenen Sinnesorganen ausgestattet. Nach den herrschenden Anschauungen sind diese Sinnesorgane theils in verschwenderischer, theils in zu knapper Weise vertheilt. Es sind das nämlich: der Tastsinn,

Gehörsinn, Wärme- und Lichtsinn. Tast- und Gehörsinn decken sich nach den herrschenden Ansichten über die dem Schall zu Grunde liegenden Bewegungen zum grossen Theile, während zwischen Gehör- und Wärmesinn eine auffallend grosse Lücke besteht. Sind aber die hier entwickelten Ansichten über die Natur der Schallschwingungen richtig, d. h. bestehen sie wirklich aus den so überaus feinen Theilen der krummlinigen Verdichtungsverschiebungen, so decken sich Tast- und Gehörsinn offenbar nicht mehr, jener percipirt blos die geradlinigen Theile der Schwingungsbahnen als Zittern, dieser blos die krummlinigen. Zwischen den feinsten Schall- und den gröbsten Wärmebewegungen ist offenbar entweder gar keine oder nur eine minder bedeutende Discontinuität.

Dass sich aus den entwickelten Gesetzen für die ganze Wellenlehre und speciell für die Thermomechanik und Optik wichtige Consequenzen ergeben müssen, scheint wohl ausser Zweifel.

II. SITZUNG VOM 15. JÄNNER 1874.

Der Secretär legt folgende eingesendete Abhandlungen vor:

„Chemische Analyse der euganäischen Thermen von St. Helena bei Battaglia“ und „Untersuchung der Thermen von Trentschin-Teplitz“, beide von Hrn. Prof. Dr. F. C. Schneider.

„Bemerkung zu einem Satze aus Riemann's Theorie der Functionen einer veränderlichen complexen Grösse“, von Herrn Prof. F. Lippich in Prag.

Herr Dr. P. Langer, Aspirant an der laryngoskopischen Klinik des allgemeinen Krankenhauses in Wien, überreicht eine Abhandlung: „Über eine angeborne Bildungsanomalie im *Cavum pharyngo-nasale*“.

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Académie Royale de Copenhague: Mémoires. Classe des Lettres. Vol. IV, Nrs. 8—9. Copenhague, 1872 & 1873; 4°. Classe des Sciences. Vol. IX, Nrs. 8—9; Vol. X, Nrs. 1—2. Copenhague, 1872 & 1873; 4°. — Oversigt. 1872, Nr. 2. Kjøbenhavn; 8°. — Snorre Sturlassöns historieskrivning, en kritisk undersögelse, af Gustav Storm. Kjøbenhavn, 1873; 8°.

— des Sciences, Belles-Lettres & Arts de Lyon: Mémoires. Classe des Sciences. Tome XVIIIe. Paris & Lyon, 1871—1872; gr. 8°.

Alpen-Verein, österr.: Jahrbuch. 6. Band. Wien, 1870; 8°.

Apotheker-Verein, allgem. österr.: Zeitschrift (nebst Anzeigen-Blatt). 12. Jahrgang, Nr. 2. Wien, 1874; 8°.

Archiv der Mathematik und Physik. Gegründet von J. A. Grunert, fortgesetzt von R. Hoppe. LV. Theil, 3. Heft. Greifswald, 1873; 8°.

Beobachtungen, Schweizer. meteorologische. August, September & October 1872. Zürich; 4°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Tome LXXVII, Nr. 26. Paris, 1873; 4°.

Durège, H., Elemente der Theorie der Functionen einer complexen veränderlichen Grösse. Leipzig, 1873; 8°.

Gesellschaft, österr., für Meteorologie: Zeitschrift. IX. Band, Nr. 1. Wien, 1874; 4°.

— Naturforschende, in Zürich: Vierteljahrsschrift. XVII. Jahrgang, 1.—4. Heft. Zürich, 1872; 8°.

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Wochenschrift. XXXV. Jahrgang, Nr. 2. Wien, 1874; 4°.

Haeckel, Ernst, Die Gastraea-Theorie, die phylogenetische Classification des Thierreiches und die Homologie der Keimblätter. Jena, 1873; 8°.

Institute, The Anthropological, of Great Britain and Ireland: Journal. Vol. III, Nr. 1. London, 1873; 8°.

Journal für praktische Chemie, von H. Kolbe. N. F. Band VIII, 4. & 5. Heft. Leipzig, 1873; 8°.

Landbote, Der steierische. 7. Jahrgang, Nr. 1. Graz, 1874; 4°.

Lese-Verein, akademischer, an der k. k. Universität und steierm. landsch. technischen Hochschule in Graz: VI. Jahresbericht. Graz, 1873; 8°.

Marschall, Comes Augustus de, Nomenclator zoologicus. Vindobonae, 1873; 8°.

Nature. Nr. 219, Vol. IX. London. 1874; 4°.

Oesterreicher, T. Ritter von, Die österreichische Küstenaufnahme im adriatischen Meere. Triest, 1873; 8°.

Osservatorio del R. Collegio Carlo Alberto in Moncalieri: Bollettino meteorologico. Vol. VII, Nr. 4. Torino, 1872; 4°.

Panstenographikon. Zeitschrift für Kunde der stenographischen Systeme aller Nationen. I. Band, 3. & 4. Lieferung. Nebst Beilage: *Notae Bernenses.* Dresden, 1874; 8° & Folio.

Prestel, M. A. F., Der Boden, das Klima und die Witterung von Ostfriesland, sowie der gesammten norddeutsch ebene etc. Emden, 1872; gr. 8°.

Radcliffe Observatory, Oxford: Results of Astronomical and Meteorological Observations, made in the Year 1870. Oxford, 1873; 8°.

Reichsforstverein, österr.: Österr. Monatschrift für Forstwesen. XXIV. Band. Jahrgang 1874. Januar-Heft. Wien; 8°.

„Revue politique et littéraire“ et „Revue scientifique de la France et de l'étranger.“ IIIe Année, 2me Série, Nr. 28. Paris, 1874; 4°.

Rossetti, Francesco, Sul potere specifico induttivo dei coibenti. Venezia, 1873; 8°. — Sulla inversione delle correnti nei due elettromotori di Holtz e nell' elettromotore doppio del Poggendorff. Venezia, 1873; 8°.

Société d'Agriculture, Histoire naturelle et Arts utiles de Lyon: Annales. IVe Série. Tome IIIe. 1870. Lyon, Paris, 1871; gr. 8°.

— Linnéenne de Lyon: Annales. Année 1872. (Nouvelle Série.) Tome XIXe. Paris; gr. 8°.

Society, The Linnean, of London: Transactions. Vol. XXVIII, Part 3; Vol. XXIX, Part 2. London, 1873; 4°. — Journal. Botany. Vol. XIII, Nrs. 68—72; Zoology. Vol. XI, Nrs. 55—56. London, 1872 & 1873; 8°. — Proceedings. Session 1872—73. Sign. b—l. 8°. — List of the Members. 1872; 8°.

— The Edinburgh Geological: Transactions. Vol. II, Part 2. Edinburgh, 1873; 8°.

Wiener Medizin. Wochenschrift. XXIV. Jahrgang, Nr. 2. Wien 1874; 4°.

Würzburg, Universität: Akademische Gelegenheitsschriften aus den Jahren 1870—1873. 4° & 8°.

Chemische Analyse der euganäischen Thermen von St. Helena bei Battaglia.

Ausgeführt von Prof. Dr. **F. C. Schneider.**

Acht Miglien von Padua entfernt, an der Eisenbahn, welche von dieser Stadt nach Florenz führt, liegt inmitten eines anmuthigen Gartenlandes das Städtchen La Battaglia, dessen nette, zum Theil palastartige Gebäude mit der malerischen Ansicht der euganäischen Berge den Fremdling zum längeren Verweilen einladen.

Nahe dem Orte erhebt sich mitten aus der Ebene ein steil ansteigender Hügel, dessen Gipfel von einem prachtvoll erbauten Schlosse gekrönt ist, und eine weite Fernsicht in die lombardisch-venetianische Tiefebene gestattet. Im Mittelalter stand daselbst eine der heiligen Helena geweihte Capelle, wovon sowohl der Hügel als auch die an seinem Fusse entspringenden heissen Quellen ihre Namen erhielten. Eine dieser Quellen kommt aus einer kleinen Grotte. Schon im XII. Jahrhundert wurde dieselbe zu Dunstbädern benutzt und darnach der Hügel auch Mons stufae genannt. Zur Zeit der Römerzüge wurden diese Thermen häufig von Deutschen besucht.

Kaiser Friedrich II. belehnte damit die Herren von Carraria in Anerkennung ihrer ergebenen Dienstleistungen. Im XVI. und im Anfange des XVII. Jahrhunderts waren diese Thermen bei den italienischen, insbesondere bei den Paduaner Ärzten in so hohem Ansehen, dass G. Fallopia sich zur Bemerkung veranlasst fand: „Statim quum indigent aqua validiori relegant aegrotos ad balneum B. Helenae". Im XVIII. Jahrhundert geriethen dieselben in Verfall und erlangten erst gegen Ende desselben ihren alten Ruf wieder, besonders seit der venetianische Sanitätsmagistrat sich über ihre Lage, ihre Heilkraft und

über ihre inneren Einrichtungen von den Professoren der Paduaner Universität ein Gutachten geben liess, welches dahin lautete, dass die Bäder von St. Helena in ihren Wirkungen jenen der übrigen euganäischen Thermen und zwar insbesondere jenen von Abano gleich kämen, dass aber ihre Lage viel günstiger sei und dass die inneren Einrichtungen sowie die Wohnungen für Curgäste allen Anforderungen genügen. Die im Laufe dieses Jahrhunderts und besonders in jüngster Zeit ausgeführten Neu- und Umbauten, durch welche vorzüglich die Badecabinen zweckmässige Veränderungen erhielten, verschafften den Bädern von Battaglia einen Comfort, den die anderen euganäischen Bäder nicht zu bieten vermögen.

Die heissen Quellen kommen vorwiegend an der Ostseite des Hügels zu Tage. Die grösste, die Helenaquelle, entspringt wenige Meter über der Ebene, ist in Macigno gefasst, 71·2° C. heiss und wird vorwiegend zur Speisung der in zwei Badehäusern befindlichen Wannenbäder verwendet. In geringer Entfernung davon bricht aus einer kleinen Felsgrotte aus dem gespaltenen Gestein eine zweite Quelle, die Grottenquelle hervor. Die Felswand, über welche das 70° heisse Wasser abfliesst, ist mit einem dichten Überzug von Eisenoxyd bedeckt. Am Boden des kleinen Felsbeckens, welches das abfliessende Wasser aufnimmt, befindet sich gleichfalls ein rothbrauner Schlamm. Bei genauerer Untersuchung ergibt sich, dass die Ausscheidung von Eisenoxydhydrat keineswegs — wie man beim ersten Blicke glauben möchte — aus dem Wasser erfolgt, sondern von dem verwitterten Gesteine stammt. Bei dem Versuche, diesen Schlamm in Salzsäure zu lösen, zeigt sich alsbald, dass die Hauptmasse aus zerbröckeltem Gesteine besteht, das als grauweisser Sand ungelöst bleibt. Eine in dem Felsspalt, aus dem die Therme hervorbricht, so tief wie möglich eingetriebene Röhre fördert vollkommen klares, selbst nach monatelangem Stehen sich nicht trübendes Wasser zu Tage, das so arm an Eisenverbindungen ist, dass es weder durch Galläpfeltinctur noch durch Schwefelcyankalium eine Farbenveränderung erfährt. Erst in dem Abdampfrückstande von mindestens zwei Litres Wasser, das mit Salpetersäure angesäuert wurde, lässt sich durch die genannten Reagentien die Anwesenheit von Eisen nachweisen.

In der Gartenanlage, welche sich unmittelbar vor dem am Fusse des Hügels befindlichen Wohn- und Badehause ausbreitet, befindet sich nahe dem linksseitigen Gebäudetracte ein etwa 5 Quadratklafter grosses, in die Erde abgetäuftes Bassin, das von aus dem Boden hervorbrechendem Thermalwasser gespeist wird. In dessen Umgebung genügen geringe Ausgrabungen des Bodens, um neue Quellen zu Tage zu fördern. Die Temperatur des Wassers im Bassin hält sich ziemlich constant bei 59·8°. Es wird nicht zu Bädern, sondern zur Schlammerzeugung verwendet.

In dem Parke, welcher den Hügel umsäumt, befindet sich an der nordöstlichen Seite eine vierte Quelle: die Parkquelle, welche in einem mit Steinen ausgelegten Tümpel aufgefangen wird, ohne jedoch zu Badezwecken irgend eine Verwendung zu finden. Sie liegt hart am Ufer eines grösseren Teiches, ist von dicht belaubten Bäumen beschattet und zeigt die Temperatur 58·5°. Zu verschiedenen Tageszeiten wiederholt vorgenommene Messungen ergaben sehr geringe, innerhalb eines Grades liegende Differenzen.

Ältere Angaben über den Wärmegrad der Thermen Battaglia's liegen von Ragazzini[1] (1844) und Vandelius[2] (1761) vor.

Ragazzini gibt an, die Temperatur der Thermen sinke zu allen Tages- und Jahreszeiten nie unter 46° R. bei der Park- und Gartenquelle, und steige nie über 55° R. bei der Helenaquelle. Nach Vandelius ist die Temperatur der Helenaquelle $= 51\frac{1}{3}°$ R. $= 64·1°$ C.

Das specifische Gewicht des auf 17° C. abgekühlten Thermalwassers im Piknometer bestimmt, ist 1·0024. Ragazzini gibt dasselbe viel höher an: 1·01312. Da die Menge des Abdampfrückstandes nach Raggazzini's Analyse nicht erheblich von dem gegenwärtigen Befunde abweicht, so kann diese Angabe als unrichtig bezeichnet werden.

---

[1] Nuove ricerche fisico-chimiche et Analysi dell'acque thermali Euganee. 1844. pag. 106.

[2] Tractatus de thermis agri Patavini. pag. 114.

Chemische Verhältnisse.

Die euganäischen Thermen werden allgemein als Schwefelthermen bezeichnet und doch ist die Anwesenheit von Sulfuret bildenden Schwefelverbindungen in keiner nachzuweisen. Das Wasser der Thermen von Battaglia sowie jenes von Abano zeigt selbst, wenn es unmittelbar der Quelle entnommen und mit Kalilösung und Nitroprussidnatrium versetzt wird, nicht den geringsten Farbenwandel. Ebensowenig lässt sich an dem frischgeschöpften Wasser durch den Geruch die Anwesenheit von Schwefelwasserstoff wahrnehmen. Auch bewirkt das beim Auflösen des Kalksinters, der sich in grosser Menge aus der am Monte Irone bei Abano entspringenden Quelle absetzt, durch Salzsäure entwickelte Gas beim Durchgange durch eine enge Glasröhre, welche mit feuchtem Bleipapier beschickt ist, nicht die geringste Bräunung, und der ungelöste Rückstand liefert nach der Digestion mit Kalilauge keine durch Bleioxyd oder Nitroprussidnatrium nachweisbare Schwefelverbindung[1].

Das frisch geschöpfte Wasser ist krystallklar, farblos, von neutraler Reaction. Nach monate- selbst nach jahrelangem Stehen erleidet es nicht die geringste Veränderung und scheidet weder an den Wänden noch am Boden des Gefässes einen Niederschlag ab. Dieses Thermalwasser soll einen eigenthümlichen Geruch besitzen. Ältere Schriftsteller bezeichnen ihn als einen „pertenuem spiritum", Ragazzini als „bituminös". Mit Ausnahme des schwachen Moorgeruches, der an der Gartenquelle wahrzunehmen ist, fand ich das Wasser aller Thermen geruchlos. Dasselbe schmeckt wie eine verdünnte Kochsalzlösung, nebstbei schwach bitter. Bei längerem Kochen scheidet das Wasser einen sehr geringen, auf Zusatz von Salzsäure unter Gasentwicklung

[1] Plinius gibt in seiner Beschreibung der euganäischen Bäder ganz sichere Anhaltspunkte, dass auch zu seiner Zeit diese Thermen schwefelfrei waren. Er sagt: „Nec decolor aeris argentive medicaminum argumentum est, quando nihil eorum in Patavinis fontibus, ne odoris quidem differentia aliqua deprehenditur". Joan. Harduinus, sein Commentator, fügt in einer Note bei: „Quorum aqua, cum vis ei medica insit, nihil a vulgari vel odore vel colore differt." Historiae naturalis L. XXXVI. illustravit J. Harduinus. Paris 1723, tom. II, pag. 557.

genommen und vom Ungelösten durch Filtration getrennt. Die Lösung diente zum Nachweis von Borsäure, Jod, Brom und Lithium, der Rückstand zur Prüfung auf Strontium, Thonerde, Eisen, Mangan, Phosphorsäure und Fluor.

a) Lösung.

Zum Nachweis der Borsäure wurde ein Theil der Lösung mit Salzsäure angesäuert, mit Chlormagnesium und etwas Salmiak versetzt, mit kohlensaurem Ammoniak übersättigt und dann in einer Platinschale mit der Vorsicht verdampft, dass durch zeitweiligen Zusatz von Ammoniak die Flüssigkeit stets alkalisch blieb. Der erhaltene Trockenrückstand wurde geglüht, hierauf mit heissem Wasser ausgezogen, mit der Lösung das Verfahren wiederholt, der Rückstand mit dem vereint, der beim ersten Auszug erhalten wurde. Eine Probe desselben mit concentrirter Schwefelsäure befeuchtet, ertheilte der nicht leuchtenden Gasflamme die charakteristische spargelgrüne Färbung und gab im Spectralapparat hellgrüne Linien, welche mit denen der Borsäure coïncidirten. Ein anderer Theil des Rückstandes wurde in Salzsäure gelöst, in die Lösung getauchtes Curcumapapier färbte sich beim Trocknen deutlich rothbräunlich und beim Betupfen mit Kalilösung vorübergehend blau.

Der zweite Theil der Lösung wurde zum Nachweis von Jod und Brom in einem Stöpselkolben mit Salzsäure schwach angesäuert, dann mit einigen Tropfen Chloroform und stark verdünntem Chlorwasser vermischt. Beim Schütteln färbte sich das

Reste der Lösung, sowie mit dem wässerigen Auszuge von der Borsäureprobe, vereinigt mit Barytwasser im Überschusse gekocht, aus dem Filtrate mit Ammoniak und kohlensaurem Ammoniak der überschüssige Baryt gefällt und die wieder filtrirte Lösung zur Verjagung der Ammoniaksalze zur Trockene verdunstet und geglüht. Der Glührückstand wurde mit absolutem Alkohol abgerieben, in einen Kolben gebracht und einige Zeit unter Anwendung gelinder Wärme digerirt. Der alkoholische, zur Trockene verdunstete Auszug spectral-analytisch geprüft, gab allerdings die charakteristischen Kalium-, nicht aber die Lithiumlinien, ebenso wenig konnten in der aus diesem Auszuge dargestellten Platinchloridfällung die Spectren des Cäsiums oder Rubidiums beobachtet werden.

b) Rückstand.

Der im kochenden Wasser ungelöste Abdampfrückstand wurde in verdünnter Chlorwasserstoffsäure aufgenommen. Das darin Unlösliche wurde nach völligem Auswaschen mit kohlensaurem Natron aufgeschlossen. Der wässerige Auszug der Schmelze auf Fluor, das Ungelöste auf Barium und Strontium geprüft, dabei der Weg eingeschlagen, den Bunsen in der Instruction für die Untersuchung der badischen Mineralwässer vorschreibt. Fluor, Baryum und Strontium waren nicht nachzuweisen.

In gleicher Weise wurde vorgegangen, um Eisen, Thonerde, Mangan und Phosphorsäure aufzufinden. Die von den beiden letztgenannten Stoffen durch die qualitativen Reactionen (Chamäleonprobe und molybdänsaures Ammoniak) nachgewiesenen Mengen waren so gering, dass eine quantitative Bestimmung derselben nicht räthlich erschien.

Die Probe auf organische Substanzen wurde mittelst titrirter Chamäleonlösung ausgeführt. Dabei wurde bis zum Hervorrufen einer blassrosarothen Färbung nicht mehr Chamäleonlösung verbraucht, als ein gleichgrosses Volum destillirten Wassers in Anspruch nahm.

Die Nessler'sche Probe gab keine Ammoniakreaction. Gleich negativ war die Marx'sche Probe für den Nachweis und die quantitative Bestimmung der Salpetersäure.

Die Gesammtmenge der festen Bestandtheile lässt sich aus dem Abdampfrückstande nicht mit der erforderlichen Genauigkeit bestimmen. Die grosse Menge von Chlorverbindungen verlangt zur völligen Trocknung einen Hitzegrad, bei dem das Chlormagnesium zersetzt wird. Um eine zuverlässige Controle für die Gesammtheit der Einzelbestimmungen zu schaffen, wurden gemessene Mengen Thermalwasser unter Zusatz von Schwefelsäure zur Trockene verdunstet, der Trockenrückstand zur Verflüchtigung der überschüssig zugesetzten Schwefelsäure und bis zur Zurückführung der Bilsulfate in Monosulfate geglüht und gewogen, sodann, um die Menge der Schwefelsäure zu bestimmen, in Wasser aufgenommen. Hiebei bleibt die Kieselerde nebst Eisenoxyd ungelöst. In der Lösung muss — wenn die Analyse fehlerfrei durchgeführt wurde — soviel Schwefelsäure enthalten sein als zur Neutralisirung sämmtlicher im Thermalwasser vorhandenen Basen erforderlich ist. Die Ausfällung der Schwefelsäure wurde in der Siedhitze vorgenommen, die Flüssigkeit stark verdünnt, dass auf 100 CC. nicht mehr als etwa 0·1 Grm. $BaSO_4$ gefällt wurde. Der gewogene Niederschlag wurde mit angesäuertem Wasser wiederholt ausgezogen und abermals gewogen.

Die Trennung der Alkalien geschah in der Art, dass gemessene Mengen Thermalwasser mit alkalifreiem Barytwasser vermischt, auf ein kleines Volum verdampft, sodann von dem Niederschlag abfiltrirt wurden. Nach Entfernung des überschüssig zugesetzten Baryts durch Ammoniak und kohlensaures Ammoniak wurde das Filtrat unter Zusatz von sublimirter Kleesäure zur Trockene verdunstet, der Rückstand durch Erhitzen von den Ammoniaksalzen befreit, sodann in kochendem Wasser aufgenommen, das alkalisch reagirende Filtrat vorsichtig mit Salzsäure neutralisirt zur Trockene gebracht, bis zum Rothglühen erhitzt, gewogen. Nachdem die Alkalichloride mit einigen Tropfen Salzsäure befeuchtet und wieder bis nahe zum Glühen erhitzt waren, wurde neuerdings ihr Gewicht bestimmt. Die Gewichtsbestimmung des Kalium und Natriumchlorids geschah einerseits auf indirectem Wege durch Ermittlung des Chlorgehaltes der Gesammtalkalien (gewichts-analytisch), anderseits di
Fällung mit Platinchlorid in der Art, wie sie Bi
empfohlen hat.

Die sämmtliche im Wasser vorhandene Kohlensäure wurde unmittelbar an den Quellen mittelst ammoniakaler Chlorcalciumlösung aus gemessenen Mengen Thermalwassers gefällt. Die Flaschen (1050—1300 CC. fassend) wurden mit Korkstöpseln, welche mit Blatt-Kautschuk überzogen waren, aufs sorgfältigste verschlossen, versiegelt und erst nach 2 Monate langem Stehen behufs Ermittlung der im Niederschlage gebundenen Kohlensäure geöffnet, letztere nach der von Bunsen angebenen Methode mit der Modification bestimmt, dass die entwickelte Kohlensäure nicht aus dem Gewichtsverluste des Entwicklungsgefässes, sondern durch die Gewichtszunahme eines Geissler'schen Kaliapparates festgestellt wurde.

Bei Bestimmung der übrigen Bestandtheile kamen die allgemein üblichen Methoden unter Beobachtung der empfohlenen Cautelen in Anwendung.

Wiewohl das Wasser der vier näher bezeichneten Quellen einen nahezu gleichen chemischen Bestand nachweist, die geringen Abweichungen unzweifelhaft durch die Verschiedenheit des Bodens bedingt sind, welchen die Thermen, bis sie zu Tage kommen, durchbrechen müssen, wurden dennoch bei den meisten Einzelbestimmungen Doppelanalysen bei allen vier Quellen ausgeführt, da es zu willkürlich erscheint, wegen der nahen Übereinstimmung, welche bei den meisten Bestandtheilen hervortritt, die Ergebnisse der Analyse einer Quelle zugleich als Controlanalyse für die Resultate der Untersuchung der anderen Quellen gelten zu lassen.

Analytische Resultate.

Gesammtmenge der festen Bestandtheile.

Quellen:	Wasser-menge in Cub. Cent.	Trockenrückstand a) direct gefunden	b) in Sulfate verwandelt	c) Schwefelsäure der Sulfate	10.000 Th. enthalten: a) Trockenrückstand	b) Sulfate	c) SO_3 der Sulfate
Helenaquelle .	250	0·6014	0·6946	0·391 SO_3	24·008	27·728	15·639
	250	0·6035	0·6954	0·393	24·082	27·760	15·693
Grottenquelle	250	0·6038	0·699	0·3975	24·104	27·904	15·868
	250	0·604	0·6984	0·3968	24·111	27·880	15·840
Gartenquelle .	250	0·606	0·695	0·3948	14·191	27·744	15·760
	250	0·605	0·694	0·395	24·151	27·704	15·788
Parkquelle . . .	200	0·485	0·557	0·313	24·201	27·794	15·619

Kieselerde.

Quellen:	Wasser menge in Cub. Cent.	gibt SiO_2	in 10.000 Thl.
Helenaquelle	500	0·020	0·400
	500	0·0198	0·396
Grottenquelle	500	0·0196	0·391
	500	0·0197	0·397
Gartenquelle	500	0·019	0·379
	500	0·020	0·400
Parkquelle. . . .	500	0·0187	0·373
	500	0·0193	0·385

Eisenoxyd und Thonerde.

Quellen:	Wasser-menge in Cub. Cent.	geben Fe_2O_3 und Al_2O_3		in 10.000 Thl. Fe_2O_3	Al_2O_3
Helenaquelle . .	3000	0·0056 Fe_2O_3	0·0035 Al_2O_3	0·0186	0·006
Grottenquelle .	6000	0·0162 Fe_2O_3	0·0093 Al_2O_3	0·027	0·008
Gartenquelle . .	3000	0·0049 Fe_2O_3	0·0021 Al_2O_3	0·016	0·015
Parkquelle	3000	0·006 Fe_2O_3	0·0023 Al_2O_3	0·019	0·011

Kalk.

Quellen:	Wassermenge in Cub. Cent.	gibt CaO	in 10.000 Thl.
Helenaquelle	500	0·111	2·215
	500	0·1112	2·219
Grottenquelle	500	0·115	2·295
	500	0·1145	2·285
Gartenquelle	500	0·111	2·215
	500	0·111	2·215
Parkquelle	500	0·1114	2·223

Magnesia.

Quellen:	Wassser-menge in Cub. Cent.	gibt $Mg_2P_2O_7$	entspricht MgO	in 10.000 Thl.
Helenaquelle ...	500	0·084	0·0302	0·602
	500	0·0835	0·0300	0·600
Grottenquelle ..	500	0·0848	0·0303	0·605
	500	0·0845	0·0304	0·608
Gartenquelle ...	500	0·0838	0·0301	0·602
	500	0·083	0·0299	0 596
Parkquelle	500	0·0832	0·0299	0·598

Alkalien.

Quellen:	Wasser-menge in Cub. Cent.	gibt Alkali-chloride	enthalten		somit 10.000 Theile Gesammtchloride
			Chlor	KCL aus d. K_2PtCl_6 Fällung	
Helenaquelle .	250	0·419	0·2505	—	16·726 { 15·614 NaCl, 1·112 KCl
	500	0·8398	—	0·058	16·762 { 15·605 NaCl, 1·157 KCl
Grottenquelle	500	0·840	—	0·0709	16·766 { 15·351 NaCl, 1·415 KCl
Gartenquelle .	500	0·843	—	0·0733	16·826 { 15·363 NaCl, 1·463 KCl
Parkquelle ...	500	0·836	0·499	—	16·686 { 15·423 NaCl, 1·263 KCl

Kohlensäure.

Quellen:	Wassermenge in Cub. Cent.	gibt CO_2	in 10.000 Thl.
Helenaquelle	1050	0·205	1·948
	1050	0·2045	1·943
Grottenquelle	1350	0·2085	1·541
Gartenquelle	1050	0·203	1·929
Parkquelle	1050	0·1996	1·897

Schwefelsäure.

Quellen:	Wasser-menge in Cub. Cent.	gibt $BaSO_4$	entsprechend SO_3	in 10.000 Thl.
Helenaquelle ...	500	0·4142	0·1422	2·838
	500	0·4144	0·1424	2·843
Grottenquelle .	500	0·420	0·1442	2·878
	500	0·419	0·1438	2·870
Gartenquelle ...	500	0·4115	0·1412	2·818
	500	0·413	0·1418	2·830
Parkquelle	500	0·428	0·1469	2·936

Chlor.

Quellen:	Wasser-menge in Cub. Cent.	gibt AgCl	entspricht Cl	in 10.000 Thl.
Helenaquelle ...	250	1·0354	0·2559	10·215
	100	0·4158	0·1028	10·262
Grottenquelle .	100	0·4174	0·1031	10·297
Gartenquelle ..	100	0·4143	0·1024	10·227
Parkquelle ...	100	0·417	0·103	10·289

Mit dem Abdampfrückstand der Helenaquelle wurden noch zwei Controlbestimmungen ausgeführt.

Der im heissen destillirten Wasser unlösliche Abdampfrückstand von 3 Litres Wasser entwickelte nach Zufuhr von Salzsäure 2·5 Kohlensäure, somit in 10.000 Theilen 0·525.

Aus der salzsauren Lösung wurden abgeschieden:

1. Eisenoxyd und Thonerde mit Spuren von Mangan und Phosphorsäure 0·0102.

   Davon entfällt auf Eisenoxyd 0·0063 in 10.000 Theilen 0·020 Fe_2O_3

   „ „ „ Thonerde 0·0037 in 10.000 Theilen 0·013 Al_2O_3
2. Kalkerde 0·226 CaO = in 10.000 Theilen 0·752 CaO.
3. Magnesia 0·2053 $Mg_2P_2O_7$ mit 0·074 MgO in 10.000 Theilen 0·246 MgO.
4. Schwefelsäure 0·178 $BaSO_4$ mit 0·061 SO_3 in 10.000 Theilen 0·203 SO_3.
5. Kieselerde 0·117 in 10.000 Theilen 0·389 SiO_2.

Aus der wässerigen Lösung des Abdampfrückstandes wurden erhalten:

1. Kalk 0·4362 CaO in 10.000 Theilen 1·451 CaO.
2. Magnesia 0·3839 $Mg_2P_2O_7$ mit 0·140 MgO in 10.000 Theilen 0·468 MgO.
3. Alkalichloride 50·169 mit 9·915 Chlor in 10.000 Theilen 16·689 Alk. Chlor.
4. Schwefelsäure 2·268 $BaSO_4$ mit 0·778 SO_3 in 10.000 Theilen 2·588 SO_3.
5. Chlor 12·425 AgCl mit 3·071 Chlor in 10.000 Theilen 10·216 Cl.

Sonach ergeben sich bei Summirung der im löslichen und unlöslichen Theile aufgefundenen Bestandtheile in 10.000 Theilen Wasser:

			nach den Einzelbestimmungen	
Kalk	=	2·203	2·217	
Magnesia.....	=	0·614	0·601	
Schwefelsäure .	=	2·791	2·840	
Alkalichloride..	=	16·689	16·744	15·609 NaCl 1·134 KCl
		15·101 NaCl 1·588 KCl		
Chlor.....	=	10·216	10·243	

Darstellung der Mittelwerthe.

1000 Thl. Wasser enthalten:	Helena-quelle	Grotten-quelle	Garten-quelle	Park-quelle
Kalk	2·214	2·290	2·215	2·223
Magnesia	0·606	0·607	0·599	0·598
Chlornatrium	15·440	15·351	15·363	15·423
Chlorkalium	1·285	1·415	1·463	1·263
Eisenoxyd	0·019	0·027	0·016	0·019
Thonerde	0·010	0·006	0·015	0·011
Kohlensäure	1·945	1·541	1·929	1·897
Schwefelsäure	2·824	3·874	2·824	2·936
Chlor	10·231	10·297	10·227	10·289
Kieselerde	0·395	0·394	0·389	0·379
Gesammtmenge der festen Bestandtheile in Salze verwandelt	27·744	27·892	27·722	27·794
Schwefelsäure der Gesammt-Sulfate	15·666	15·854	15·774	15·619

Die gefundenen Säuren und Basen zu Salzen verbunden ergaben für 10.000 Theile aus den Mittelwerthen der Einzelbestimmungen berechnet:

Salze	Helena-quelle	Grotten-quelle	Garten-quelle	Park-quelle
Schwefelsaures Kali	1·325	1·783	1·709	1·475
Chlornatrium	15·609	15·351	15·363	15·423
Chlormagnesium	1·032	1·461	1·216	1·250
Kohlensaure Magnesia	0·348	—	0·182	0·151
Schwefelsaurer Kalk	3·793	3·492	3·468	3·840
Kohlensaurer Kalk	1·171	1·546	1·405	1·141
Chlorcalcium	0·072	—	—	—
Kohlens. Eisenoxydul	0·014	0·019	0·011	0·013
Thonerde	0·010	0·006	0·015	0·011
Kieselerde	0·398	0·394	0·389	0·379
Mangan	Spuren	Spuren	Spuren	Spuren
Jod und Brom	„	„	„	„
Phosphorsäure	„	„	„	„
Borsäure	„	„	„	„
Summe	23·772	24·052	23·758	23·683
Als Sulfate berechnet	27·869	27·805	27·943	27·791
gefunden	27·744	27·892	27·722	27·794
Schwefelsäure der berechneten Sulfate	15·659	15·805	15·657	15·597
Schwefelsäure aus den Sulfaten erhalten	15·666	15·854	15·774	15·619

Nach Ragazzini's Analyse[1] enthalten die Quellen von Battaglia in 1000 Theilen 2·491 feste Bestandtheile. Diese Angabe stimmt mit der Menge des Trockenrückstandes, wie er bei der vorstehenden Analyse erhalten wurde, nahe überein, aber bezüglich der Menge der Einzelbestandtheile weichen die Angaben Ragazzini's von dem vorstehenden Befunde sehr beträchtlich ab. Derselbe berechnete aus seinem jedenfalls mangelhaften analytischen Ergebnisse folgende Salze:

[1] L. c. p. 107.

Chlornatrium	1·734
Chlorcalcium	0·015
Chlormagnesium	0·198
Schwefels. Kalk	0·330
Doppelt kohlens. Kalk	0·059
„ „ Magnesia . .	0·016
„ „ Eisenoxydul .	Spuren
Brom und Jodmagnesium . . .	„
Kieselerde und Sand	0·083
Organische Substanz mit Spuren von Eisen	0·056
	2·491
Verlust . .	0·046
	2·537

Allgemein wird angegeben, die euganäischen Thermen seien nicht blos qualitativ sondern auch quantitativ gleich zusammengesetzt. Um hierüber Gewissheit zu erlangen, wurde auch das Wasser der überaus mächtigen Quelle, welche auf dem Monte Irone bei Abano entspringt, der chemischen Analyse unterzogen, dabei jedoch nur die in grösseren Mengen vorhandenen Bestandtheile quantitativ bestimmt.

Es wurde in 10.000 Theilen Wasser gefunden:

Trockenrückstand	59·306
In Sulfate verwandelt	66·719
Schwefelsäure der Sulfate . .	37·551
Alkalichloride	40·238
Kalk	6·020
Magnesia	1·166
Chlor (Gesammtmenge) . . .	25·725
Schwefelsäure	7·832
Kieselerde	0·598

Aus der Sohle des Be[illegible] Parkquelle
entwickeln sich Gasblase[illegible] elt, Blei-
papier nicht bräunen, [illegible] s Ver-
brennen unterhalten, [illegible]be

schwach trüben, ohne ihm die Fähigkeit zu ertheilen, mit Nitroprussidnatrium eine Purpurfärbung zu erzeugen, und durch eine eingeführte Phosphorkugel ebenso wenig wie durch eine mit rauchender Schwefelsäure oder mit Kupferchlorür imprägnirte Koakskugel eine merkbare Volumverminderung erleiden. Nach dem Ergebnisse der gasometrischen Analyse besteht das aus der Gartenquelle entwickelte Gas aus 2·79 Kohlensäure, 1·83 Sumpfgas, Spuren von Sauerstoff und 95·38 Stickstoff.

Der Schlamm, welcher insbesondere aus den Abzugsgräben der Gartenquelle gesammelt wird, hat, frisch geschöpft, eine graubraune Farbe, fühlt sich weich, seidenartig an und erhält, an der Luft getrocknet, eine aschgraue Färbung. Er ist frei von abgestorbenen Pflanzenstoffen, demungeachtet reich an Humuskörpern. Mit Säuren erzeugt er lebhaftes Aufbrausen. Dem entweichenden kohlensauren Gase ist wenig Schwefelwasserstoff beigemengt. Beim Glühen entwickelt er viel brenzliche Stoffe. Der Glührückstand ist durch das in nicht geringer Menge vorhandene Eisen röthlich gefärbt. Wird der lufttrockene Schlamm auch noch so sorgfältig in ein staubfreies Pulver verwandelt, so gelingt es doch nicht, dasselbe so gleichartig zu erhalten, dass an verschiedenen Proben ausgeführte Analysen übereinstimmende Resultate liefern. So wurde der Wassergehalt des bis 130° erhitzten lufttrockenen Schlamms zwischen 4·82 und 5·46 schwankend gefunden.

Der Glühverlust des trockenen Schlammes beträgt 10·57 bis 11·40. Die Menge der organischen Substanz (aus der Kohlensäuremenge, die bei dem Verbrennen im Sauerstoffstrom erhalten wird, berechnet) beziffert sich auf 9·78. Davon lassen sich durch Alkalien 3·99% Humuskörper lösen. Bei der Destillation des mit Wasser vermischten und mit verdünnter Schwefelsäure angesäuerten Schlammes wurden keine flüchtigen organischen Säuren erhalten.

Aus dem Glührückstande des Schlammes lassen sich durch die aufeinanderfolgende Einwirkung von Chlorwasserstoffsäure und concentrirte Schwefelsäure bis 41·36% in Lösung bringen.

Die weiteren analytischen Ergebnisse sind in nachfolgender Übersicht dargestellt:

100 **Theile lufttrockener** Schlamm enthalten:
5·14 Wasser, 94·86 Trockensubstanz.

100 **Theile Trockensubstanz** geben:
89·02 Glührückstand, 10·98 verbrennliche Stoffe mit **3·99 löslichen Huminsubstanzen.**

100 **Thl. Glührückstand enthalten:**

- 58·64 in Säuren unlösbare
- 41·36 lösbare Verbindungen, davon entfällt auf

Kohlensäure	9·34
Schwefelsäure	6·65
Kieselerde	1·14
Eisenoxyd	9·81
Thonerde	6·72
Durch Ammoniak fällbare Phosphate	1·83
Kalk	6·05
Magnesia	1·40
Alkalien als Sulfate gewogen	0·94

Untersuchung der Thermen von Trentschin-Teplitz und des Säuerlings von Kubra.

Ausgeführt von Prof. Dr. **F. C. Schneider.**

In einem Seitenthale der Waag, etwa anderthalb Meilen nordöstlich von Trentschin liegt 800 Fuss über dem Niveau des Meeres der Ort Teplitz, in welchem auf einem Flächenraume von einigen hundert Quadratklaftern mehrere warme Quellen zu Tage treten. Dieselben zählen zu den heilkräftigsten Ungarns und werden zum Unterschiede der Thermen von Teplitz in Böhmen und von Teplitz bei Warasdin die Trentschiner Schwefelbäder benannt.

Die ersten Nachrichten über diese Thermen gibt Georg Wernherr (Hypomnemation de admirandis Hungariae aquis. Viennae 1551). Eingehender untersuchte dieselben, soweit es die Mittel seiner Zeit ermöglichten, der mährische Landes-Medicus Thomas Jordanus de Clausenburg (De aquis medicatis Moraviae. Francoforti 1580). Er hebt hervor, dass die Trentschiner Thermen bezüglich ihres Wärmegrades niederer (temperantiores) als jene von Karlsbad, jedoch höher (potentiores) seien als die von Baden nächst Wien. Über die chemischen Verhältnisse finden sich in diesen sowie in den später erschienenen Abhandlungen keine irgendwie verwerthbaren Aufschlüsse. Die Angaben jedoch, welche die älteren Schriftsteller über die physikalischen Verhältnisse, insbesondere über das Verhalten des Thermalwassers beim Stehen an der Luft und bei längerer Aufbewahrung liefern, stimmen mit den gegenwärtigen Wahrnehmungen so vollkommen überein, dass sich hieraus mit Grund folgern lässt, der Gehalt an Sulfurat bildendem Schwefel könne in früherer Zeit nicht grösser, als er gegenwärtig gefunden wird, gewesen sein.

Die ersten genauen Temperaturangaben finden sich in Adami's Hydrographia comitatus Trentschinensis. Viennae 1766. Dieselben sind in Crantz's Gesundbrunnen der österreichischen Monarchie, Wien 1777, pag. 141 abgedruckt. Vergleicht man diese vor 100 Jahren ausgeführten Temperaturbestimmungen mit den in jüngster Zeit vorgenommenen, so ergeben sich so geringe Unterschiede, dass die Ursache der Abweichung viel wahrscheinlicher in dem Mangel der Übereinstimmung der Messinstrumente und der Beobachtungsweise als in der Änderung der thermischen Verhältnisse zu finden sein dürfte.

Adami weiss über die chemischen Bestandtheile nichts anderes anzuführen, als dass diese Thermen enthalten: 1. einen elastischen Schwefelgeist, 2. wahren natürlichen Schwefel in Gestalt einer Schwefelleber, 3. Gemeinsalz, 4. eine andere Gattung muriatisches Salz, 5. eine zum Glasmachen taugliche Kalkerde.

Im Laufe dieses Jahrhunderts sind die Trentschiner Quellen zuerst von Dr. Carl 1808—1826, dann von Dr. Lang 1856, drei Jahre später von C. v. Hauer der chemischen Untersuchung unterzogen worden. Dass die Ergebnisse Carl's mit jenen, welche Lang und Hauer erhielten, nicht übereinstimmen, ist erklärlich. Es weichen aber auch die Resultate Lang's von jenen Hauer's insbesondere bezüglich der Menge der Schwefelsäure, der Kohlensäure und der Alkalien erheblich ab. Schon Hauer gibt den Nachweis, dass die Ursache der Differenz in der Handhabung der analytischen Methoden Seitens Lang's gelegen sein müsse. Bestätigt wird dieses durch die Resultate der Analyse, die nachstehend mitgetheilt wird. Zwischen ihr und jener Hauer's liegt ein Zeitraum von 14 Jahren und doch besteht in den Ergebnissen beider in den Hauptpunkten eine so nahe Übereinstimmung, wie sie nur stattfinden kann, wenn der chemische Bestand innerhalb dem angeführten Zeitraum keine Veränderung erfahren hat.

Physikalische Verhältnisse.

Das Gestein, aus welchem die Thermen zu Tage treten, ist Kalk. Sie werden in Bassins von massiver Bauart und
Grösse gesammelt. Das Bassin I misst 21 Qua

übrigen sind etwa die Hälfte kleiner. Über die Sohle dieser Bassins ist ein aus durchlöcherten Dielen gezimmerter Fussboden angebracht, aus dessen Öffnungen zahlreiche Gasblasen hervorsprudeln, die den Wasserspiegel in kreisender Bewegung erhalten. Die Ergiebigkeit der Quellen ist sehr bedeutend, die Bassins I, II, III, fassen 9000 Cubikfuss = 5000 österreichische Eimer und füllen sich innerhalb 3 Stunden. In den letzten Jahren ist durch Bohrung eine neue Quelle — die Sinaquelle — aufgeschlossen worden, welche an Wasserreichthum alle anderen übertrifft, ohne die Ergiebigkeit der übrigen erheblich zu beeinträchtigen.

Das Wasser sämmtlicher Quellen ist krystall klar, farblos, in Behältern gesammelt kaum nach Schwefelwasserstoff riechend, der Luft längere Zeit ausgesetzt, tritt weder eine Trübung noch Farbenwandlung ein, die Wandungen der Gefässe werden jedoch mit spärlichen Kryställchen überkleidet, die in verdünnter Chlorwasserstoffsäure unter Aufbrausen verschwinden.

Der Geschmack des abgekühlten Wassers ist von dem eines gewöhnlichen harten Quellwassers nicht verschieden. Lakmustinctur wird durch dasselbe nach keiner Richtung verändert.

Unter dem Bretterboden des Bassins findet sich ein höchst feiner, schlüpfriger, von Vegetationen durchsetzter Schlamm, an welchem der Geruch nach Schwefelwasserstoff nicht deutlich wahrnehmbar ist.

Die Temperatur wurde mit einem in Zehntel-Grade getheilten Thermometer gemessen, dessen Angaben durch ein Normal-Thermometer controlirt wurden. Die Resultate sind in der nachfolgenden Tabelle enthalten, in welcher des Vergleichs wegen auch die Messungen der früheren Beobachter aufgenommen sind. Die Grade sind für die hunderttheilige Scala berechnet.

Bassin I	Bassin II	Bassin III	Urquelle	Sinaquelle	Beobachter
39·2	38·2	38·5	40	40·2	Schneider
38·1	36·9	39·4	40		v. Hauer
38·1	36·9	39·4	40		Lang
38·1	36·87	38·75	40		Carl
37·7	36·6	38·3	40		Adami

Es ist zu bemerken, dass bei den Temperaturmessungen das Thermometer in eines der Löcher des Bretterbodens so tief eingesenkt wurde, dass eben noch der Stand der Quecksilbersäule abgelesen werden konnte.

Das spec. Gewicht wurde bei 13·5° C. mittelst eines Piknometers, das 100 Grm. destillirtes Wasser fasst und am verschmälerten Halse mit einer Marke versehen ist, bestimmt. Das Wasser der Sinaquelle wurde gleich 1·0023, das des Bassin I 1·0025 und das des Bassins III 1·0024 gefunden. Nach v. Hauer ist das spec. Gewicht des Wassers vom Bassin I = 1·0033 und vom Bassin III = 1·0027; bei welcher Temperatur die Wägungen stattfanden, ist nicht angegeben.

Chemische Verhältnisse.

A) Qualitative.

In Berücksichtigung der bereits vorliegenden Analysen von Lang und von Hauer konnte die qualitative Probe auf die Auffindung der in sehr geringer Menge vorkommenden Bestandtheile beschränkt werden. Dr. Carl führt in seiner Analyse auch Strontium- oder Baryumoxyd als Bestandtheil der Trentschiner Thermen auf, ohne entscheidende Reactionen, durch welche er die Anwesenheit einer dieser Basen für bewiesen ansieht, namhaft zu machen. Lang und Hauer scheinen nach diesen Basen nicht gesucht zu haben.

Zur Ausführung der qualitativen Reactionen wurden 32 Litres Thermalwasser unter Zusatz von kohlensaurem Natron in einer Platinschale zur Trockene verdunstet. Der Abdampfrückstand wurde durch Auskochen mit destillirtem Wasser in einen löslichen und unlöslichen Theil geschieden.

a) Die Lösung diente zur Probe auf Borsäure, unterschweflige Säure, Brom, Jod und Lithium. Dieselbe wurde abermals auf ein sehr kleines Volum verdunstet und weil in einer mit Chlorwasserstoffsäure angesäuerten Probe die Borsäurereaction nicht eintrat, in einer anderen Probe ammoniakale Silberlösung keine Ausscheidung von Schwefelsilber (von unterschwefligsauren Salzen) bewirkte, so wurde dieselbe zur völligen Trockenheit gebracht. Der Rückstand diente zur Darstellung eines alkoholi-

schen Auszuges, der unter Zusatz einiger Tropfen Kalilösung abermals verdunstet wurde. Die rückständige Salzmasse der gleichen Behandlung unterworfen und hienach in sehr wenig Wasser gelöst, mit Salzsäure angesäuert, sehr vorsichtig mit verdünntem Chlorwasser versetzt und mit Chloroform geschüttelt, färbte letzteres weder rosa noch rothbraun oder gelb. Jod und Brom sind sonach in 32 Litres dieses Wassers nicht nachweisbar.

Die Lösung, welche zur Probe auf Jod und Brom gedient hatte, wurde mit überschüssigem Barytwasser gekocht, aus dem Filtrate der Baryt mit Ammoniak und kohlensaurem Ammoniak gefällt, die Lösung verdampft in sehr wenig Wasser aufgenommen und im Spectralapparate geprüft, es traten nur die Natrium- und Kaliumlinien auf.

b) Der nach dem Verdunsten von 32 Litres Thermalwassers in kochendem Wasser ungelöst gebliebene Abdampfrückstand diente zum Nachweis der Phosphorsäure, des Fluor, des Eisens, der Thonerde und des Strontiums. Es wurde derselbe mit verdünnter Salpetersäure bis zur schwach sauren Reaction versetzt, die hiedurch entstandene Lösung vom Ungelösten abfiltrirt, eine Probe davon mit molybdänsaurem Ammoniak auf Phosphorsäure geprüft und, nachdem diese nachgewiesen war, der Rest der Lösung zur Trockene verdunstet, sodann in Wasser aufgenommen, durch Kalihydrat das Eisenoxyd gefällt und aus der kalischen Flüssigkeit durch Salmiak die Thonerde abgeschieden. Der auch in Salpetersäure ungelöst gebliebene Rückstand wurde mit kohlensaurem Natron aufgeschlossen. Der wässerige Auszug der Schmelze enthält das Fluor, er wurde durch Erwärmen mit kohlensaurem Ammoniak von Kieselsäure befreit, dann nahe vollständig mit Salzsäure neutralisirt, mit Chlorcalcium versetzt zur Trockene verdampft. Der beim Ausziehen mit Wasser ungelöste Rückstand mit Schwefelsäure im Platintiegel erwärmt, bewirkt auf Glas eine schwache Ätzung.

Der im Wasser ungelöste Theil der Sodaschmelze wurde in Salpetersäure gelöst, zur Trockene verdunstet mit absolutem Alkohol ausgezogen. Der in Alkohol ungelöste Rückstand erwies sich nach dem Glühen im Platintiegel und Lösen in Wasser sowohl durch die Reaction mit Gypswasser als im Spectralapparat als reines Chlorstrontium.

Organische Substanzen enthält das Thermalwasser in so geringer Menge, dass dasselbe von einer auf $^1/_{10}$ Normaloxalsäure gestellten Chamäleonlösung wenig mehr in Anspruch nimmt als in gleich grosses Volum destillirten Wassers.

B) Quantitative.

Zu den Methoden, nach welchen die aufgefundenen Bestandtheile quantitativ bestimmt werden, sei Folgendes bemerkt.

Die Bestimmung der Gesammtmenge an festen Bestandtheilen durch Abdampfen gemessener Quantitäten Wasser führte zu keinen brauchbaren Resultaten, der Gyps, welcher die vorwiegende Menge ausmacht, hält sein Krystallwasser so fest gebunden, dass dasselbe erst bei Temperaturen vollständig entweicht, bei welchen die Zersetzung kohlensaurer Verbindungen eintritt. Man erhält daher entweder zu hohe oder zu niedere Gewichtsmengen, derart, dass dieselben auf 10.000 Theile berechnet schon in der ersten Decimale erhebliche Differenzen ergeben. Um eine Controle für die Einzelbestimmungen zu erhalten, wurden gemessene Mengen der Thermalwässer mit Schwefelsäure angesäuert zur Trockene verdampft, der Rückstand bis zum schwachen Glühen so lange erhitzt bis wiederholte Wägungen ein constantes Gewicht ergaben, sodann in salzsäurehältigem Wasser so vollständig ausgelaugt, bis das ablaufende Waschwasser mit Chlorbaryum keine Trübung verursachte. In der salzsauren Lösung wurde die Schwefelsäure bestimmt. Ihre Menge muss mit jener übereinstimmen, welche sämmtliche im Thermalwasser vorhandenen Basen (Thonerde und Eisenoxyd ausgenommen) zur Bildung neutraler schwefelsaurer Salze in Anspruch nehmen.

Die Menge von Sulfurete bildenden Schwefel wurde mittelst einer Jodlösung bestimmt, welche auf unterschwefligsaures Natron titrit war und im Cubikcentimeter 0·597 Mgr. Jod enthielt entsprechend 0·08 Mgr. H_2S. Die Bestimmung wurde an der Quelle vorgenommen und im Laboratorium wiederholt. Nur das Wasser von Bassin I und der Sinaquelle forderte etwas mehr von der Jodlösung zur bleibenden Blaufärbung der Stärkelösung al das gleiche Volum des destillirten Wassers in Anspruch nal

Bei Angabe der Resultate wurden daher nur die an der Quelle vorgenommenen Proben berücksichtiget.

Die sämmtliche im Wasser vorhandene Kohlensäure wurde unmittelbar an der Quelle mittelst ammoniakaler Chlorcalciumlösung aus gemessenen Mengen Thermalwassers gefällt. Die Flaschen (1000—1250 CC. fassend) wurden mit Korkstöpseln, welche mit Blatt-Kautschuk überzogen waren, auf's sorgfältigste verschlossen, versiegelt und erst nach 2 Monate langem Stehen behufs Ermittlung der im Niederschlage gebundenen Kohlensäure geöffnet, letztere nach der von Bunsen angegebenen Methode (Instruction für die Untersuchung badischer Mineralwässer. Zeitschrift für analytische Chemie 1871, pag. 402 und 407) mit der Modification bestimmt, dass die entwickelte Kohlensäure nicht aus dem Gewichtsverluste des Entwicklungsgefässes, sondern durch die Gewichtszunahme eines Geissler'schen Kali-Apparates festgestellt wurde.

Bei Bestimmung der Alkalien wurde die Trennung der übrigen Bestandtheile mittelst alkalifreien Ätzbaryt bewerkstelligt, der Überschuss des letzteren durch Ammoniumcarbonat bewirkt, dem Filtrate überdiess Kleesäure zugesetzt, um die letzten Spuren der darin noch vorhandenen alkalischen Erden nach dem Eindampfen durch Erhitzen bis zum schwachen Glühen vollständig unlöslich zu machen. Die siedend heisse Lösung dieses Rückstandes wurde vom ungelösten durch Filtration getrennt, dann mit Chlorwasserstoffsäure neutralisirt im Platintiegel zur Trockene verdunstet. Der zum schwachen Glühen erhitzte Trockenrückstand wurde gewogen, mit einigen Tropfen Salzsäure befeuchtet, wieder getrocknet, bis zum Schmelzen im bedeckten Tiegel erhitzt und wieder gewogen. In der so erhaltenen Salzmasse wurde entweder das Chlor durch Silberlösung oder das Kalium durch Platinchlorid bestimmt und aus den Resultaten die Menge des Kaliums und Natriums berechnet.

Die übrigen Bestandtheile wurden nach den üblichen Methoden unter besonderer Berücksichtigung der Weisungen, welche Bunsen in seiner oben citirten Instruction gegeben hatte, quantitativ bestimmt. Wegen der sehr geringen Mengen, in welchen Phosphorsäure und Strontium vorhanden sind, unterblieb vorläufig deren quantitative Ermittlung.

Analytische Ergebnisse.

Gesammtmenge der festen Bestandtheile in Sulfate verwandelt.

Quellen	Wasser in CC.	geben Sulfate	mit $BaSO_4$	SO_3	in 10.000 Theilen		Mittel
Sinaquelle ...	250	0·650 Grm.	0·892	0·3064	25·937 Sulfate	15·284 SO_3	25·962
	200	0·521	0·895	0·3073	25·987	15·327 „	mit 15·305
Bassin I	200	0·526	0·900	0·309	26·237	15·413 „	25·261
	200	0·527			26·286		
Bassin II	200	0·5205	0·9005	0·309	25·962	15·413 „	25·979
	200	0·5212			25·997		
Bassin III	250	0·6475	—	—	25·837		25·817
	250	0·6465			25·797		

Kieselerde.

Quellen	Wasser in CC.	geben SiO_2	in 10.000 Thl.	Mittel
Sinaquelle	500	0·018	0·359	0·369
	500	0·019	0·379	
Bassin I	500	0·018	0·359	0·354
	500	0·017	0·349	
Bassin II.	500	0·018	0·359	0·356
	500	0·017	0·353	
Bassin III	500	0·018	0·359	0·359

Kalk.

Quellen	Wasser in CC.	geben $CaCO_3$	mit CaO	in 10.000 Thl.	Mittel
Sinaquelle .	500	0·5996	0·3357	6·699	6·699
	500	0·5997	0·3357	6·699	
Bassin I.....	500	0·5969	0·334	6·668	6·646
	500	0·593	0·332	6·624	
Bassin II ...	500	0·598	0·3348	6·681	6·681
Bassin III ...	500	0·5905	0·3306	6·597	6·597

Magnesia.

Quellen	Wasser in CC.	geben $Mg_2P_2O_7$	mit MgO	in 10.000 Thl.	Mittel
Sinaquelle ..	500	0·2686 Grm.	0·0967	1·931	1·918
	500	0·265	0·0955	1·905	
Bassin I.....	500	0·272	0·0979	1·952	1·930
	500	0·2737	0·0986	1·969	
Bassin II	500	0·273	0·0983	1·961	1·961
Bassin III ...	500	0·274	0·0987	1·969	1·969

Alkalichloride.

Quellen	Wasser in CC.	geben Chloride	mit Chlor	entsprechend KCl	somit in 10.000 Theilen		
					NaCl	KCl	Mittel
Sinaquelle	1000	0·305	0·175	0·368	2·280	0·764	2·271 NaCl
	1000	0·3045	0·1745	0·367	2·262	0·775	0·769 KCl
Bassin I.....	1000	0·2936	0·1709	0·359	2·381	0·547	2·414 NaCl
	1000	0·297	0·160 $KPtCl_3$	0·0506	2·458	0·504	0·521 KCl
Bassin II.....	1000	0·313	0·181	0·381	2·433	0·697	2·433 NaCl + 0·971 KCl
Bassin III	1000	0·2953	0·1705	0·358	2·295	0·651	2·295 NaCl + 0·651 KCl

Schwefelsäure.

Quellen	Wasser in CC.	geben $BaSO_4$	mit SO_3	in 10.000 Thl.	Mittel
Sinaquelle	500	1·682	0·5775	11·523	11·523
	250	0·839	0·288	11·524	
Bassin I	250	0·856	0·294	11·736	11·736
Bassin II.....	250	0·8445	0·2899	11·568	11·568
Bassin III	250	0·859	0·295	11·781	11·781

Kieselerde.

Quellen	Wasser in CC.	geben SiO_2	in 10.000 Thl.	Mittel
Sinaquelle	500	0·018	0·359	0·369
	500	0·019	0·379	
Bassin I	500	0·018	0·359	0·354
	500	0·017	0·349	
Bassin II. ...	500	0·018	0·359	0·356
	500	0·017	0·353	
Bassin III	500	0·018	0·359	0·359

Kalk.

Quellen	Wasser in CC.	geben $CaCO_3$	mit CaO	in 10.000 Thl.	Mittel
Sinaquelle .	500	0·5996	0·3357	6·699	6·699
	500	0·5997	0·3357	6·699	
Bassin I.....	500	0·5969	0·334	6·668	6·646
	500	0·593	0·332	6·624	
Bassin II ...	500	0·598	0·3348	6·681	6·681
Bassin III ...	500	0·5905	0·3306	6·597	6·597

Magnesia.

Quellen	Wasser in CC.	geben $Mg_2P_2O_7$	mit MgO	in 10.000 Thl.	Mittel
Sinaquelle ..	500	0·2686 Grm.	0·0967	1·931	1·918
	500	0·265	0·0955	1·905	
Bassin I.....	500	0·272	0·0979	1·952	1·930
	500	0·2737	0·0986	1·969	
Bassin II	500	0·273	0·0983	1·961	1·961
Bassin III ...	500	0·274	0·0987	1·969	1·969

Alkalichloride.

Quellen	Wasser in CC.	geben Chloride	mit Chlor	entsprechend KCl	somit in 10.000 Theilen NaCl	KCl	Mittel
Sinaquelle	1000	0·305	0·175	0·368	2·280	0·764	2·271 NaCl
	1000	0·3045	0·1745	0·367	2·262	0·775	0·769 KCl
Bassin I	1000	0·2936	0·1709	0·359	2·381	0·547	2·414 NaCl
	1000	0·297	0·160 $KPtCl_3$	0·0506	2·458	0·504	0·521 KCl
Bassin II	1000	0·313	0·181	0·381	2·433	0·697	2·433 NaCl + 0·971 KCl
Bassin III	1000	0·2953	0·1705	0·358	2·295	0·651	2·295 NaCl + 0·651 KCl

Schwefelsäure.

Quellen	Wasser in CC.	geben $BaSO_4$	mit SO_3	in 10.000 Thl.	Mittel
Sinaquelle	500	1·682	0·5775	11·523	11·523
	250	0·839	0·288	11·524	
Bassin I	250	0·856	0·294	11·736	11·736
Bassin II	250	0·8445	0·2899	11·568	11·568
Bassin III	250	0·859	0·295	11·781	11·781

Chlor.

Quellen	Wasser in CC.	fordern Silberlösung	= Chlor	in 10.000 Thl.
Sinaquelle ...	250	7·5 CC. à 3·546 Chlor	0·02659	1·061
Bassin I.	250	7·7 à 3·546 „	0·0274	1·096
Bassin II.....	250	7·55 à 3·546 „	0·0267	1·065
Bassin III	250	7·45 à 3·546 „	0·0264	1·054

Kohlensäure.

Quellen	Wasser in CC.	liefern CO_2	in 10.000 Thl.	Mittel
Sinaquelle	1300	0·691 Grm.	5·303	5·265
	1100	0·5765	5·228	
Bassin I	1000	0·509	5·077	5·069
	980	0·4792	5·062	
Bassin II.....	1250	0·6225	4·968	4·968
Bassin III	1100	0·543	4·924	4·942
	1250	0·6215	4·960	

Schwefelwasserstoff.

Quellen	An d. Quelle geschöpftes Wasser in CC.	fordern Jodlösung	in 10.000 Thl.
Sinaquelle ...	100	2·75 CC. à 0·597 Mgr. Jod = 0·08 H_2S	0·022
Bassin I....	100	2·8 à 0·597 „ = 0·08 „	0·022
Bassin II....	100	0·35 à 0·597 „ = 0·08 „	0·002
Bassin III ...	100	0·35 à 0·597 „ = 0·08 „	0·004

Eisenoxyd und Thonerde.

Quellen	Wasser in CC.	geben $Fe_2O_3+Al_2O_3$	in 10.000 Thl.
Sinaquelle	4000	0·0047	0·0114
Bassin I	4000	0·005	0·0124
Bassin II.....	3000	0·0038	0·014
Bassin III.....	4000	0·006	0·015

Organische Substanz.

Sinaquelle 100 CC. Wasser mit Ätznatron und 10 CC. auf $^1/_{100}$ Normaloxalsäure gestellter Chamäleonlösung versetzt gekocht, dann mit Schwefelsäure angesäuert, erfordern nach Zusatz von 10 CC. $^1/_{100}$ Normaloxalsäure noch 0·7 CC. Chamäleonlösung bis zur bleibenden Rosafärbung, sonach sind in 10.000 Theilen Wasser 0·044 organische Substanz, nach ihrem Wirkungswerth auf Kleesäure berechnet, enthalten.

Bassin II fordert 0·6 Chamäleonlösung für 100 CC. Wasser, also 10.000 Theile 0·037.

Übersichtliche Darstellung der Mittelwerthe.

a) Einzelbestandtheile. 10.000 Theile Wasser enthalten:

Quellen	feste Bestandtheile		SiO_2	CaO	MgO	NaCl	KCl	Fe_2O_3 Al_2O_3	H_2S	CO_2	Cl	SO_3
	als Sulfate	mit SO_3										
Sinaquelle	25·962	15·305	0·369	6·699	1·918	2·271	0·769	0·0114	0·022	5·265	1·061	11·523
Bassin I	26·261	15·413	0·354	6·646	1·960	2·419	0·525	0·012	0·022	5·069	1·096	11·736
Bassin II.....	25·979	15·415	0·356	6·681	1·961	2·433	0·697	0·014	0·002	4·968	1·065	11·568
Bassin III	25·817	—	0·359	6·597	1·969	2·295	0·651	0·015	0·004	4·942	1·054	11·781

b) Die Einzelbestandtheile zu Salzen verbunden, geben in 10.000 Theilen:

Salze	Sinaquelle	Bassin I	Bassin II	Bassin III
Schwefelsaures Kali ...	0·905	0·779	0·814	0·761
„ Natron.	0·623	0·605	0·6357	0·677
Schwefelsaurer Kalk...	11·779	12·104	12·024	12·092
Schwefelsaure Magnesia	5·754	5·880	5·883	5·897
Chlornatrium	1·749	1·806	1·811	1·737
Kohlensaurer Kalk	3·300	3·007	3·012	2·890
Eisenoxyd } Thonerde }	0·011	0·012	0·014	0·015
Kieselerde	0·369	0·354	0·356	0·350
Summe	24·490	24·547	24·549	24·428
Als Sulfate berechnet .	26·066	26·102	26·041	25·792
mit SO_3	15·374	15·426	15·383	
Direct gefundene Sulfate	25·962	26·261	25·979	25·817
mit SO_3	15·305	15·413	15·415	
Kohlensäure, halb gebunden	1·452	1·323	1·325	1·271
frei.....	2·361	2·423	2·317	2·399
Schwefelwasserstoff frei	0·022	0·022	0·002	0.004

Analyse der Quellengase.

Aus der Sohle der Quellenbecken entwickeln sich fort und fort Gasblasen, die, in einem Recipienten gesammelt, Bleipapier nicht bräunen, unentzündlich sind, in Barytwasser geleitet allerdings eine Fällung von kohlensaurem Baryt erzeugen, aber dem Filtrate nicht die Fähigkeit ertheilen, mit Nitroprussidnatrium die purpurviolette Färbung hervorzubringen, somit frei von Kohlenoxydsulfid sind. Mit rauchender Schwefelsäure imprägnirte Coakkugeln bewirken in den von Kohlensäure befreiten Gasen keine Volumabnahme, ebenso indifferent verhält sich ammoniakale Kupferchlorürlösung, Äthylen und dessen Homologe, Acetylen und Kohlenoxyd ist sonach in diesen Gasen ebenfalls nicht vorhanden. — Beim Verpuffen gemessener Mengen der kohlensäurefreien Gase mit Knallgas ohne oder nach Zusatz von Wasserstoff tritt weder Bildung von Kohlensäure noch eine messbare Raumverminderung ein.

Der anhaltende Funkenschlag eines kräftigen Inductors bewirkt eine Volumzunahme, ohne dass auch nur eine Spur von abgeschiedenem Kohlenstoff wahrnehmbar wäre. Damit ist die Anwesenheit von Sumpfgas und die Abwesenheit von Sauerstoff in den Thermalgasen erwiesen.

Werden gemessene Mengen Gas mit Sauerstoff unter Zusatz von Knallgas verpufft, so tritt nach der Verpuffung eine Volumverminderung ein, nach der Einführung einer Kalikugel macht sich abermals eine solche bemerklich und zwar beträgt letztere die Hälfte von jener, die sich nach der Verpuffung ergab. Auch dieses Verhalten, sowie der Umstand, dass die bei der Verpuffung verbrauchte Menge Sauerstoff dem Volumen nach gerade das Doppelte ist vom Volumen der erzeugten Kohlensäure, beweist, dass in den Thermalgasen nur Sumpfgas neben Kohlensäure und Stickstoff enthalten ist.

Die gasometrische Analyse ergab für nachstehende Quellen:

a) Kohlensäure:

Gasmenge berechnet auf 0° und 760 Mm. Druck.

Sinaquelle .	154·08	gaben	nach	der	Einwirkung	von	Kali	126·89	somit	Kohlensäure	27·19	=	17·65	in	100 Thl.
	138·53	„	„	„	„	„	„	114·14	„	„	24·39	=	17·60	„	„ „
Bassin II . .	137·7	„	„	„	„	„	„	114·3	„	„	23·4	=	17·06	„	„ „
Bassin III. .	120·0	„	„	„	„	„	„	98·87	„	„	21·13	=	17·66	„	„ „

b) Sumpfgas in den von Kohlensäure befreiten Gasen:

															in 100 Thl.
Sinaquelle .	54·9	Vol.	lieferten	nach	d.	Verpuffung	mit	Sauerstoff	4·33	Kohlensäure	=	4·33	Sumpfgas	=	7·88
Bassin II . .	79·95	„	„	„	„	„	„	„	6·32	„	=	6·32	„	=	7·91
Bassin III. .	48·50	„	„	„	„	„	„	„	3·82	„	=	3·82	„	=	7·87

Demnach enthalten 100 Volumen Thermalgase bei 0° und 760 Mm. Druck:

Quellen	Kohlensäure	Sumpfgas	Stickstoff
Sinaquelle	17·62	6·49	75·89
Bassin II	17·06	6·55	76·39
Bassin III	17·66	6·48	75·86

Um aus den Ergebnissen der vorstehenden Analysen für die Beantwortung der Frage, ob der chemische Bestand der Trentschiner Thermen im Laufe der Zeit eine wesentliche Änderung erlitten habe, Anhaltspunkte zu geben, mögen in nachstehender Tabelle die Resultate der von C. v. Hauer 1859 ausgeführten chemischen Untersuchung dieser Quellen angeführt werden.

v. Hauer fand in 10.000 Theilen Wasser:

Salze	Bassin I	Bassin II	Bassin III	Urquelle
Fester Rückstand	25·117	23·962	24·392	25·110
Chlor	0·996	1·016	1·057	1·017
Schwefelsäure	11·621	11·602	11·587	11·574
Kohlensäure	4·265	3·070	4·487	3·889
Schwefelwasserstoff	0·024	—	—	0·049
Kieselsäure	0·318	0·279	0·329	0·359
Thonerde und Eisenoxydul	0·119	0·060	0·089	0·079
Kalkerde	6·864	6·708	6·143	6·862
Magnesia	1·903	1·874	1·904	1·935
Chlorkalium	0·449	0·459	0·661	0·548
Chlornatrium	2·660	2·656	2·555	2·693

Kohlensäuerling bei Kubra.

Etwa eine Meile von Teplitz und eine halbe Meile nordwestlich von Trentschin tritt an einer Berglehne im Gemeinde-Bezirke von Gross-Kubra ein Säuerling zu Tage, der seines angenehmen Geschmackes wegen von den Bewohnern der Umgebung und den Curgästen des Trentschin-Teplitzer Bades theils

als diätetisches, theils als Heilmittel häufig gebraucht wird. In ihrem gegenwärtigen Zustande ist die Quelle Jedermann zugänglich, vor Wind und Wetter ungenügend geschützt und häufigen Verunreinigungen preisgegeben. Sie führt Eisen, wie sowohl der ockerartige Bodensatz in dem wenige Fuss tiefen Quellenschachte, als auch die blaue Färbung, welche Gallussäurelösung im filtrirten Wasser erzeugt, unzweifelhaft erkennen lässt.

Dieser Säuerling ist bisher einer Analyse nicht gewürdigt worden; auch die nachstehende Untersuchung soll nur eine Vorprüfung sein, um dessen wichtigste Bestandtheile kennen zu lernen. Eine eingehendere Untersuchung muss dem Zeitpunkte vorbehalten bleiben, wo die Quelle zweckmässig gefasst und vor äusseren Einflüssen geschützter sein wird. Bei der vorgenommenen Analyse musste auf eine Bestimmung des Eisengehaltes verzichtet werden, weil das Wasser beim Schöpfen sich trübt, der Kohlensäuregehalt nicht sehr bedeutend ist und die Trennung des aufgeschlämmten Eisenoxydes von dem im Wasser noch vorhandenen Eisencarbonat durch Filtration ohne Verlust an letzterem nicht ausgeführt werden kann.

Die Bestimmung der übrigen Bestandtheile wurde im Allgemeinen nach den Methoden ausgeführt, welche bei der Analyse der Teplitzer Thermen in Anwendung kamen. Die analytischen Ergebnisse sind nachfolgende:

Gesammtmenge der festen Bestandtheile:

250·5 Grm. Wasser geben	0·437	Abdampfrückstand, somit in 10.000 Theilen	17·465 }
250·5 „ „ „	0·438	„ „ „ „ „	17·485 } Mittel 17·475
250·5 „ „ „	0·587	Sulfate als Abdampfrückstand, somit in 10.000 Theilen	23·432 }

Kieselerde:

501 Grm. Wasser geben	0·005	Kieselerde, somit in 10.000 Theilen	0·0998 }
501 „ „ „	0·0052	„ „ „ „ „	0·0100 } Mittel 0·0999

Kalk:

501 Grm. Wasser geben 0·514 $CaCO_3$ mit 0·289 CaO, somit 10.000 Theile 5·769
501 „ „ „ anhaltend gekocht, in dem entstandenen Niederschlage
0·5114 $CaCO_3$ = 0·2863 CaO
in der abfiltrirten Lösung 0·0058 $CaCO_3$ = 0·0032 CaO
somit 10.000 Theile des Niederschlages 5·714
der Lösung 0·064
Summe 5·778

Mittel 5·773

Magnesia:

501 Grm. Wasser geben 0·170 $Mg_2P_2O_7$ mit 0·0612 MgO, somit 10.000 Theile 1·223
501 „ „ „ anhaltend gekocht im entstand. Niederschlag 0·0305 $Mg_2P_2O_7$ mit 0·0111 MgO
in der abfiltrirten Lösung 0·0475 $Mg_2P_2O_7$ mit 0·0531 MgO
somit 10.000 Theile des Niederschlages 0·222
der Lösung 1·060
Summe 1·282

Mittel 1·252

Alkalichloride:

1002 Grm. Wasser geben 0·4596 KCl+NaCl und 0·164 $KPtCl_3$ mit 0·050 KCl = 0·499 KCl, 4·087 NaCl
1002 „ „ „ 0·458 KCl+NaCl und 0·165 $KPtCl_3$ „ 0·0504 KCl = 0·503 KCl, 4·091 NaCl

Mittel 0·501 KCl, 4·089 NaCl

Aus dem Filtrate der Platinfällung wurde direct erhalten 0·410 NaCl.

Schwefelsäure:

		in 10.000 Thl.
501 Gr. Wasser geb.	0·0742 $BaSO_4$ mit 0·0254 SO_3	somit 0·508 SO_3
501 „ „ „	0·075 $BaSO_4$ „ 0·0257 SO_3	„ 0·514 SO_3
		Mittel 0·511

Chlor:

		in 10.000 Thl.
501 Gr. Wasser fordern	6·4 CC. Silberlösung	
	à 3·546 Chlor = 0·0226 Chlor =	0·452
501 „ „	geb. 0·0827 AgCl mit 0·0204 Chlor =	0·409
		Mittel 0·430

Kohlensäure:

		in 10.000 Thl.
1252·5 Gr. Wasser geben	2·565 Gr. Kohlensäure, somit	20·479
1252·5 „ „ „	2·581 „ „ „	20·606
		Mittel 20·542

Summarische Übersicht.

In 10.000 Theilen Wasser sind enthalten:

Gesammtmenge der festen Bestandtheile	17·895	Chlorkalium	0·501
		Chlornatrium	4·091
Kieselerde	0·099	Schwefelsäure	0·511
Kalk	5·773	Chlor	0·430
Magnesia	1·252	Kohlensäure	20·542

Die Säuren und Basen zu Salzen verbunden ergeben für 10.000 Theile Wasser:

Schwefelsaures Kali	0·585
Schwefelsaures Natron	0·429
Chlornatrium	0·709
Kohlensaures Natron	2·746
Kohlensaurer Kalk	10·308
Kohlensaure Magnesia	2·629
Kieselerde	0·099
Kohlensaures Eisenoxydul	?
	17·505

Sämmtliche Basen als Sulfate berechnet geben Rückstand 23·428

direct gefunden wurden 23·432

Gesammtmenge der Kohlensäure	20·542
Davon ist fest gebunden	7·052
„ „ lose „	7·052
somit bleibt frei	6·438

Bemerkung zu einem Satze aus Riemann's Theorie der Functionen einer veränderlichen complexen Grösse.

Von **F. Lippich,**
Professor an der Universität zu Prag.

Der auf den Zusammenhang der Flächen bezügliche fundamentale Satz,

> dass für ein beliebig gegebenes System nicht gespaltener Flächen die Zahl irgendwelcher Querschnitte, die das Flächensystem in lauter einfach zusammenhängende Flächenstücke zerlegen, vermindert um die Zahl dieser Flächenstücke eine für das Flächensystem charakteristische constante Zahl ist,

wird bekanntlich nach Riemann's Vorgange bewiesen, indem man zwei beliebige Querschnittsysteme, von denen jedes für sich die Eigenschaft besitzt, das gegebene Flächensystem in einfach zusammenhängende Flächenstücke zu zerfällen, übereinanderlegt und dann nachzählt, wie viel neue Querschnitte durch das eine Schnittsystem hinzugefügt werden, wenn man das andere bereits gezogen denkt.

Die möglichen Fälle, die sich hiebei ereignen können bezüglich der Art und Weise, wie Querschnitte und ihre Endpunkte zu dem einen Systeme auf solche des anderen zu liegen kommen, sind von Riemann in seinen „Grundlagen für eine allgemeine Theorie der Functionen einer veränderlichen complexen Grösse" aufgezählt worden. Eine weitere, nothwendig erscheinende Ausführung dieser Betrachtungen ist erst in neuester Zeit dem Gegenstande zu Theil geworden durch H. Durège in der zweiten Auflage der „Elemente der Theorie der Functionen einer veränderlichen complexen Grösse", pag. 166 bis 173. Ich will im Folgenden zeigen, dass diese immerhin etwas umständlichen Erwägungen ganz umgangen werden können, wenn man sich entschliesst

einen Satz aus jenem Gebiete geometrischer Untersuchungen zu Hilfe zu rufen, welches Listing in den „Vorstudien zur Topologie“ (Göttinger Studien I. Bd., Göttingen 1847) behandelt hat. [1]

1.

Um den fraglichen Satz zu erhalten, wollen wir uns gegeben denken ein ganz beliebiges Liniensystem. Ein Punkt desselben, der als Endpunkt eines Linienstückes oder mehrerer Linienstücke angesehen werden kann, heisse Knotenpunkt, und zwar ein einfacher, zweifacher, dreifacher u. s. f., je nachdem von demselben aus 1, 2, 3... verschiedene Wege auf dem Liniensysteme fortführen. Ein einfacher Knotenpunkt ist also ein gewöhnlicher Endpunkt, ein zweifacher hingegen jeder andere nicht vielfache Punkt einer Linie. Wenn daher der Allgemeinheit wegen auch zweifache Knotenpunkte in Betracht gezogen werden, so hat man darunter nur eine endliche Anzahl dieser Punkte zu verstehen, die aus den unendlich vielen zweifachen Knotenpunkten speciell als solche ausgewählt wurden.

Eine Linie, welche durch blosse Biegungen, also ohne Trennungen oder Verbindungen in ihren Punkten vorzunehmen, in ein gerades Linienstück übergeführt werden kann, heisse eine einfach zusammenhängende Linie. Sie besitzt dieser Definition nach nur zwei einfache und keine dreifachen, vierfachen etc. Knotenpunkte. Eine Linie, die nur zweifache Knotenpunkte aufweist, ist geschlossen und nicht verästelt und wird durch einen Schnitt in eine einfach zusammenhängende Linie verwandelt.

Weiss man, dass ein Liniensystem nur einfache (und zweifache) Knotenpunkte besitzt, so ist die Zahl der einfach zusammenhängenden Linien, die es enthält, halb so gross als die Zahl

---

[1] Diese Untersuchungen Listing's blieben mir leider bis jetzt unzugänglich. Ich wurde auf dieselben erst aufmerksam gemacht durch eine Notiz von C. Neumann in den mathematischen Annalen Bd. VI, Heft 1, wo bei Gelegenheit eines Aufsatzes von Hierholzer: „Über die Möglichkeit, einen Linienzug ohne Wiederholung und ohne Unterbrechung zu umfahren“, hingewiesen wird auf ähnliche Arbeiten Listing's.

der einfachen Knotenpunkte. Ausserdem können noch geschlossene, nicht verästelte Linien vorhanden sein.

Wenn man nun in einem gegebenen Liniensysteme an jedem drei-, vier-,....fachen Knotenpunkte alle anstossenden Linienstücke bis auf zwei abtrennt, so zerfällt es in Linien, die nur mehr einfache und zweifache Knotenpunkte besitzen können. Die Zahl der einfachen Knotenpunkte ist aber alsdann durch die Zahl der ursprünglich vorhandenen und durch die Zahl der geführten Schnitte, also durch die Zahl der bestandenen drei-, vier-,...fachen Knotenpunkte vollständig bestimmt, daher wird folgender Satz gelten:

a). Wie man auch in einem Liniensysteme an jedem Knotenpunkte die aneinanderstossenden Stücke bis auf zwei abtrennen mag, die Zahl der entstehenden, einfach zusammenhängenden Linien bleibt immer dieselbe.

Hiebei werden die von einander isolirten Stücke, die man erhält, nicht sämmtlich einfach zusammenhängende Linien sein müssen, denn das gegebene Liniensystem kann schon ursprünglich nicht verästelte geschlossene Linien enthalten haben und im Allgemeinen werden durch die angegebene Art der Abtrennung noch weitere solche Linien entstehen. Die Zahl dieser letzteren lässt sich aber beliebig vermindern und also auch Null machen, sobald man nur das Durchschneiden an den Knotenpunkten entsprechend einrichtet. Um dieses einzusehen, ist nur nöthig zu bemerken, dass vor Ausführung jenes Schnittes, durch welchen die geschlossene, nicht verästelte Linie isolirt wird, von dieser an einem einzigen und zwar dreifachen Knotenpunkte noch ein Linienstück abzweigte, das eben durchschnitten werden musste. Statt dieses Schnittes kann man aber an dem dreifachen Knotenpunkte einen anderen führen durch ein Linienstück, welches der geschlossenen Linie angehört und wodurch das Herausfallen dieser letzteren vermieden wird. Dieses Resultat sprechen wir aus in dem folgenden

Zusatz zu *a).* Abgesehen von isolirten, nicht verästelten geschlossenen Linien, die in dem gegebenen Liniensysteme schon ursprünglich

vorhanden waren, kann die in *a)* geforderte Zerschneidungsart immer so eingerichtet werden, dass nur einfach zusammenhängende Linien erhalten werden.

Überdies ist leicht einzusehen, dass allein durch die in *a)* angegebene Zerschneidungsart ein Liniensystem, das keine isolirten, nicht verästelten geschlossenen Linien enthält, in die kleinstmögliche Anzahl einfach zusammenhängender Linien zerlegt wird.

2.

Auf einem gegebenen Flächensysteme denken wir uns ein völlig beliebiges Liniensystem L verzeichnet, von welchem wir jedoch voraussetzen wollen, dass seine einfachen Knotenpunkte sämmtlich auf den Randcurven der Flächen liegen und alle seine Theile mit irgend welchen Randcurven zusammenhängen, so, dass man von einem beliebigen Punkte des Liniensystemes nach einem Rand gelangen kann. Wenn wir zu diesem noch die Randcurven hinzunehmen, so erhalten wir ein neues Liniensystem L', das keine einfachen Knotenpunkte enthält[1]; auf den Randcurven liegen mindestens dreifache Knotenpunkte, es können aber auch solche höherer Ordnung vorhanden sein.

Das System L ist nun immer äquivalent einem Systeme von Querschnitten, und zwar wird letzteres im Allgemeinen auf folgende Art erhalten. Von einem Knotenpunkte auf einer Randcurve aus durchlaufen wir als ersten Querschnitt irgend einen Theil des Liniensystemes, bis wir entweder wieder zu einem Rande oder zu einem bereits passirten Knotenpunkte zurückkommen. Ausser diesen letzteren werden wir hiebei mindestens noch einen Knotenpunkt (einen drei-, vier-...fachen) passirt haben, wenn nicht etwa in dem Liniensystem L die beschriebene Linie als isolirter Theil vorhanden ist. Von einem solchen Knotenpunkte aus, durch welchen der erste Querschnitt mit dem übrigen Theile des Liniensystemes zusammenhängt, können wir einen zweiten Theil durchlaufen und dabei immer entweder an

[1] Da wir die Flächen als nicht gespalten annehmen, so können nur geschlossene und nicht verästelte Randcurven vorhanden sein.

einen Rand oder an einen bereits passirten Knotenpunkt zurückkommen, wodurch wir den zweiten Querschnitt erhalten u. s. f. In jedem Knotenpunkte des Systemes L sind also die anstossenden Linienstücke weniger zwei, Endstücke von Querschnitten[1], wenn diese Knotenpunkte nicht auf einer Randcurve liegen: ist aber letzteres der Fall, so sind alle daselbst endenden Linienstücke Endstücke von Querschnitten. Im Liniensysteme L' werden daher ohne Ausnahme in jedem Knotenpunkte $n-2$ Querschnitte münden, wenn n die Ordnungszahl dieses Knotenpunktes ist.

Aus diesen Betrachtungen geht nunmehr hervor, dass, wenn wir auf das Liniensystem L' die in *a)* angegebene Zerschneidungsart mit der Vorsicht in Anwendung bringen, dass nur die Randcurven als geschlossene Linien herausfallen, die erhaltenen einfach zusammenhängenden Linien jene Querschnitte sind, die das System L enthält und wir haben daher mit Rücksicht auf *a)* folgenden Satz:

b) Verzeichnet man auf einem gegebenen Flächensysteme irgend ein Liniensystem, das so gewählt ist, dass seine einfachen Knotenpunkte sämmtlich auf den Rändern der Flächen liegen und keine Theile vorkommen, die von diesen Rändern ganz isolirt sind; so repräsentirt dieses Liniensystem immer ein System von Querschnitten, deren Anzahl constant, d. h. unabhängig ist von der Art und Weise, in welcher die Theile des Liniensystemes als aufeinanderfolgende Querschnitte gewählt werden.

In dem Flächensysteme sollen q_1 Querschnitte (Q_1) so geführt werden, dass es dadurch in φ_1 einfach zusammenhängende Flächenstücke zerfällt; in gleicher Weise sollen q_2 andere

[1] An gespaltenen Flächen kann es vorkommen, dass je nach Anordnung der Schnitte die Zahl der Endstücke von Querschnitten geringer ist als die im Texte angegebene, und hierin liegt ein Grund, warum der zu beweisende Hauptsatz für solche Flächen nicht mehr gilt.

Querschnitte (Q_2), φ_2 derartige Flächenstücke liefern. Denkt man sich gleichzeitig beide Querschnittsysteme Q_1 und Q_2 verzeichnet, so entsteht ein Liniensystem von solcher Beschaffenheit, dass auf dieses der Satz *b)* Anwendung finden kann, welches somit äquivalent sein wird einer gewissen Zahl q von Querschnitten. Diese q Querschnitte kann man aber immer so wählen, dass unter ihnen die q_1 Querschnitte Q_1 vorkommen, denn man braucht nur in den Knotenpunkten von Q das Abtrennen so vorzunehmen, dass hiebei keine der Linien Q_1 zerlegt wird. Ausser diesen q_1 Querschnitten enthält das Liniensystem Q alsdann noch $q-q_1$, durch welche die φ_1 einfach zusammenhängenden Flächenstücke in

$$\varphi_1 + q - q_1$$

Theile zerlegt werden. Genau dieselbe Schlussfolgerung führt aber, ausgehend von den Querschnitten Q_2 zu dem Ausdrucke

$$\varphi_2 + q - q_2$$

für dieselbe Zahl der schliesslich entstehenden einfach zusammenhängenden Flächenstücke, und die Gleichsetzung beider Ausdrücke liefert

$$q_1 - \varphi_1 = q_2 - \varphi_2,$$

d. h. den Eingangs angeführten Hauptsatz.

3.

Der Vollständigkeit wegen sollen zum Schlusse noch einige Bemerkungen beigefügt werden, obgleich sie für den eben geführten Beweis nicht wesentlich sind.

Die durch den Satz *a)* bestimmte Zahl der einfach zusammenhängenden Linien lässt sich leicht berechnen. Es seien zu dem Zwecke die Anzahl der 1-, 2-, 3-... fachen Knotenpunkte beziehungsweise n_1, n_2, n_3... die Zahl der einfach zusammenhängenden Linienstücke, welche durch die in *a)* angegebene Zerschneidung entstehen, q; dann ist:

1) $$2q = n_1 + n_3 + 2n_4 + 3n_5 + \ldots.$$

Will man ein Liniensystem überhaupt in einfach zusammenhängende Linienstücke zerlegen, so müssen in jedem Knoten-

punkte mindestens $k-2$ der zusammenstossenden Äste durchschnitten werden, wenn k die Ordnungszahl des betreffenden Knotenpunktes ist. Im gegentheiligen Falle würden nämlich Knotenpunkte von einer höheren als der zweiten Ordnung übrig bleiben, also nicht blos einfach zusammenhängende Linien vorhanden sein. Da somit bei jeder Zerschneidungsart, die nur einfach zusammenhängende Linien liefert, die genannten Schnitte ebenfalls geführt werden müssen, das Endresultat aber von der Ordnung, in welcher man die sämmtlichen Schnitte ausführt, unabhängig ist; so kann man immer die in *a)* angegebene Zerlegungsart zuerst ausgeführt denken. Jeder weitere Schnitt trifft dann entweder eine einfach zusammenhängende Linie oder eine der entstandenen geschlossenen Linien, vermehrt also die Zahl der einfach zusammenhängenden Linien um Eins. Es sei nun s die Zahl der ausgeführten Schnitte, l die Zahl der einfach zusammenhängenden Linien, in welche das System zerlegt wurde, dann hat man nach Ausführung der $n_3+2n_4+3n_5+\ldots$ Schnitte, q einfach zusammenhängende Linien, und wenn man noch die übrigen $s-(n_3+2n_4+3n_5+\ldots)$ Schnitte hinzufügt,

$$q+s-(n_3+2n_4+3n_5+\ldots)=l$$

solcher Linienstücke, woraus sich in Folge der Gleichung 1) ergibt, dass

$$2) \qquad s-l=n_3+2n_4+3n_5+\ldots-1=q-n_1,$$

d. h. $s-l$ eine constante Zahl ist.

Es existirt daher für ein Liniensystem ein Satz, der ganz analog ist dem von Riemann für ein Flächensystem bewiesenen. Aus der Herleitung der Gleichung 2) ist übrigens sofort ersichtlich, dass sie auch dann noch gilt, wenn beim Zerschneiden geschlossene, nicht verästelte Linien entstehen.

Aus Gleichung 1) folgt, dass q nur dann Eins sein kann, wenn $n_5=n_6=\ldots=0$ sind und zwar alsdann in folgenden Fällen:

$$n_1=2,\ n_3=0,\ n_4=0,$$
$$n_1=1,\ n_3=1,\ n_4=0,$$
$$n_1=0,\ n_3=2,\ n_4=0,$$
$$n_1=0,\ n_3=0,\ n_4=1.$$

Eine verästelte Linie kann also durch Schnitte im Allgemeinen nicht in eine einzige, einfach zusammenhängende Linie verwandelt werden; die kleinste Zahl derartiger Linien, die man erhalten kann, ist vielmehr

$$q = \frac{n_1 + n_3 + 2n_4 + 3n_5 + \ldots}{2}.$$

Wollte man die Analogie zwischen dem Zusammenhang von Linien und Flächen überhaupt weiter verfolgen, so würde sich ergeben, dass verästelte Linien den gespaltenen Flächen sich analog verhalten und dass den mehrfach zusammenhängenden nicht gespaltenen Flächen nur eine, nämlich die zweifach zusammenhängende, nicht verästelte Linie, d. i. eine geschlossene nicht verästelte Linie, entgegengestellt werden kann.

Aus 1) folgt:

$$n_1 + n_3 + n_5 + \ldots = 2q - 2n_4 - 2n_5 - 4n_6 - 4n_7 - \ldots;$$

die Zahl der Knotenpunkte ungerader Ordnung ist in irgend einem Liniensysteme immer gerade.

Durchschneidet man in jedem Knotenpunkte $k-1$ der k zusammenstossenden Linienstücke und nennt L die Zahl der entstehenden einfach zusammenhängenden Linien, so ist

$$2L = n_1 + 2n_2 + 3n_3 + 4n_4 \ldots;$$

der rechte Theil ist wegen des eben ausgesprochenen Satzes in der That durch 2 theilbar. Bei der jetzigen Zerschneidungsart konnten keine geschlossenen Linien entstehen und sie ist zugleich jene, bei welcher durch die kleinstmögliche Zahl von Schnitten das Entstehen geschlossener Linien vermieden wird, wie man die Schnitte auch wählen mag. In der That, lässt man einen der früher genannten Schnitte weg, so können sofort die beiden nicht von einander getrennten, im Knoten zusammenstossenden Äste einer geschlossenen Linie angehören. Bildet man die Differenz $L-q$, so findet sich

$$L - q = n_2 + n_3 + n_4 + n_5 + \ldots = N - n_1,$$

wenn N die Summe aller Knotenpunkte bezeichnet. Ist ferner s_0 die Zahl der Schnitte, die man nach der in *a)* geforderten

Zerschneidungsart ausführen musste, um die q einfach zusammenhängenden Linien zu erhalten, S aber die Zahl der Schnitte, welche die L Stücke lieferten, so folgt aus Gleichung 2)

$$s_0 - q = S - L$$

oder

$$S - s_0 = L - q = N - n_1 .$$

Da nun, nachdem s_0 Schnitte geführt waren, die folgenden $S - s_0$ jedenfalls ausreichen, um alle etwa entstandenen geschlossenen Linien zu beseitigen, so ergibt sich, dass auch nicht mehr als $S - s_0$ oder $N - n_1$ geschlossene Linien vorhanden sein konnten.

Durch die in *a)* angegebene Zerschneidungsart können daher niemals mehr als $N - n_1$ geschlossene, nicht verästelte Linien entstehen.

Ob es aber möglich ist, solcher geschlossener Linien aus einem Systeme, welches N Knotenpunkte und darunter n_1 einfache besitzt, auch $N - n_1$ abzusondern, hängt von der Anordnung des Systemes ab.

III. SITZUNG VOM 22. JÄNNER 1874.

Der Secretär legt folgende eingesendete Abhandlungen vor:

„Versuche über den Gleichgewichtssinn", zweite Mittheilung, vom Herrn Regierungsrathe Dr. E. Mach in Prag.

„Ein Beitrag zur Kenntniss der Flora des böhmischen Carbons" und „Beiträge zur physikalischen Kenntniss der Krystalle", beide vom Herrn R. Helmhacker in Leoben.

„Zur Analysis situs Riemann'scher Flächen", vom Herrn Dr. H. Durège, Professor an der Universität zu Prag.

Herr Dr. Fr. Exner überreicht eine Abhandlung: „Über die Abhängigkeit der Elasticität des Kautschuks von der Temperatur".

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Accademia Pontificia de' Nuovi Lincei: Atti. Anno XXVI, Sess. 7ª. Roma, 1873; 4°.

Astronomische Nachrichten. Nr. 1969—1971. (Bd. 83. 1—3.) Kiel, 1874; 4°.

Beobachtungen, Magnetische und meteorologische, an der k. k. Sternwarte zu Prag im Jahre 1872. 33. Jahrgang. Prag, 1873; 4°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Tome LXXVIII, Nr. 1. Paris, 1874; 4°.

Gesellschaft, k. k. geographische, in Wien: Mittheilungen. Bd. XVI (neuer Folge VI), Nr. 12. Wien, 1873; 8°.

— Neurussische, der Naturforscher in Odessa: Memoiren. II. Band, 1. Lieferung. Odessa, 1873; 8°.

— österr., für Meteorologie: Zeitschrift. IX. Band, Nr. 2. Wien, 1874; 4°.

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Wochenschrift. XXXV. Jahrgang, Nr. 3. Wien, 1874; 4°.

Giessen, Universität: Akademische Gelegenheitsschriften aus dem Jahre 1873. 4° & 8°.

Kasan, Universität: Bulletin et Mémoires. 1872; 1873, Nr. 2—3. Kasan, 1873; 8°.

Kiel, Universität: Schriften vom Jahre 1872. Band XIX. Kiel, 1873; 4°.

Lotos. XXIII. Jahrgang. October, November & December 1873. Prag; 8°.

Moniteur scientifique du D^teur. Quesneville. 385e livraison. Paris, 1873; 4°.

Mittheilungen aus J. Perthes' geographischer Anstalt. 20. Band. 1874, I. Heft, Gotha; 4°.

— des k. k. techn. & administrat. Militär-Comité. Jahrg. 1873, 11. & 12. Heft. Wien; 8°.

Nature. Nr. 220, Vol. IX. London, 1874; 4°.

Onderzoekningen gedaan in het Physiologisch Laboratorium der Utrechtsche Hoogeschool. Derde Recks. II. Aflev. 3. Utrecht, 1873; 8°.

Programm, XXIV., des k. k. Staats-Gymnasiums zu Innsbruck; 4°.

Reichsanstalt, k. k. geologische: Verhandlungen. Jahrgang 1873, Nr. 16. Wien; 4°.

Revista de Portugal e Brazil. Nr. 6. Lisboa, 1873; 4°.

„Revue politique et littéraire" et „Revue scientifique de la France et de l'étranger". IIIe Année, 2e Série. Nr. 29. Paris, 1874; 4°.

Society, The Royal, of Victoria: Progress Reports and Final Report of the Exploration Committee. Melbourne, 1863; 4°.

Turkestanoff, Nicolas, Abgekürzter Kalender auf tausend Jahre. 900—1900. St. Petersburg, 1868; 4°.

Wiener Medizin. Wochenschrift. XXIV. Jahrgang, Nr. 3. Wien, 1874; 4°.

Zeitschrift des österr. Ingenieur- und Architekten-Vereins, XXV. Jahrgang, 17. & 18. Heft. Wien, 1873; 4°.

Über die Abhängigkeit der Elasticität des Kautschuks von der Temperatur.

Von Dr. **F. Exner.**

(Mit 2 Holzschnitten.)

Das bekannte abnorme Verhalten des Kautschuks, sich durch Ausdehnung zu erwärmen und beim Zusammenziehen wieder abzukühlen, führte W. Thomson auf die Idee, es müsste dem entsprechend auch der gedehnte Kautschuk durch Temperaturerhöhung sich zusammenziehen, durch Temperaturerniedrigung sich ausdehnen. Diese Vermuthung wurde experimentell durch Joule bestätigt[1]. Es hat später Schmulewitsch diese Versuche wieder aufgenommen[2] bei Gelegenheit seiner Untersuchungen über Muskelfasern, von welch' letzteren ein gleiches abnormes Verhalten gegen Erkaltung und Erwärmung bekannt war. In Bezug auf Kautschuk kam Schmulewitsch zu dem Resultate, dass die von Joule beobachtete Verkürzung durch Erwärmung erst bei einer Belastung eintritt, welche hinreicht, denselben ungefähr auf das Doppelte seiner ursprünglichen Länge auszudehnen, und dass unterhalb derselben der Kautschuk sich ganz normal verhält. Zahlreiche, von Schmulewitsch ausgeführte Versuche bestätigen dies und es ergibt sich aus denselben, dass für jeden Kautschukstreifen eine gewisse Belastung existirt, bei welcher er durch Erwärmung weder verkürzt noch ausgedehnt wird, also gewissermassen ein neutraler Punkt, unterhalb dessen der Kautschuk ein normales, oberhalb desselben er aber sein anomales Verhalten zeigt. Schmulewitsch suchte eine Erklärung dieser sonderbaren

---

[1] Phil. Mag. 1857.

[2] Züricher Vierteljahrsschrift XI. 866 u. Pogg. Ann. CXLIV.

Erscheinung dadurch zu geben, dass er die Annahme machte, es hätte eine Temperaturerhöhung des Kautschuks einen zweifachen Einfluss auf denselben; erstens erlitte er dadurch eine Ausdehnung wie alle normalen festen Körper und zweitens würde seine Elasticität dadurch gesteigert oder sein Elasticitätscoëfficient dadurch vergrössert; letzterer ist hierbei als das Gewicht zu nehmen, welches einen Stab vom Querschnitte = 1 um seine eigene Länge ausdehnt. Diese beiden Annahmen als richtig vorausgesetzt, würden die Erscheinung allerdings erklären, aber es fragt sich, ob nicht vielleicht auch andere Umstände hier mit im Spiele sind, welche durch die Art der Verfertigung des Kautschuks, seine Structur u. dgl. bedingt sein können; es schien mir daher von Interesse, die Richtigkeit oder Unrichtigkeit des von Schmulewitsch vermutheten Zusammenhanges zwischen Temperatur und Elasticität beim Kautschuk experimentell zu bestimmen.

Ich konnte mich hierzu selbstverständlich nicht der gewöhnlich bei Bestimmung des Elasticitätscoëfficienten angewendeten Methoden bedienen, welche auf Messung der durch Gewichte bewirkten Längenausdehnung beruhen; ich suchte daher durch Bestimmung der Schallgeschwindigkeit die Elasticitätsverhältnisse im Kautschuk bei verschiedenen Temperaturen erkenntlich zu machen. Da es sich zuvörderst nicht so sehr um numerische Genauigkeit, als vielmehr darum handelt, zu bestimmen, ob mit wachsender Temperatur die Elasticität und also auch die Schallgeschwindigkeit zu- oder abnehme, so konnte man von dieser Methode auch vollkommen befriedigende Resultate erwarten.

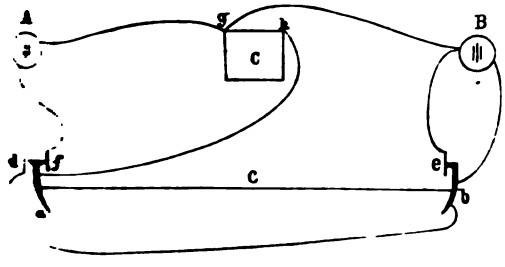
Es hat Director Stefan eine Methode angegeben[1], die Schallgeschwindigkeit in Kautschukschnüren zu bestimmen, die gerade für den vorliegenden Fall sehr geeignet ist und nach welcher ich zunächst eine Reihe von Versuchen ausführte; es besteht diese Methode darin, dass bei einer gespannten Kautschukschnur plötzlich — durch Abbrennen eines Fadens — an einem Ende die Spannung aufgehoben und die Zeit gemessen

wird, welche die so entstehende Contractionswelle braucht, um bis an das andere Ende der Schnur zu gelangen und auch dort die Spannung aufzuheben.

Die Messung dieser sehr kleinen Zeit geschieht mittelst eines Hipp'schen Chronoskopes, zu welchem Zwecke es nöthig ist, durch eine übrigens sehr leicht herstellbare Vorrichtung den das Chronoskop in Thätigkeit setzenden elektrischen Strom bei Beginn des Versuches zu unterbrechen und am Ende desselben ihn wieder zu schliessen. Bei Herstellung dieser, im wesentlichen aus je einer elastischen, durch den Kautschukfaden selbst in Thätigkeit gesetzten Contactfeder bestehenden Vorrichtung ist nur auf den Umstand Rücksicht zu nehmen, dass wenigstens die den Strom wieder schliessende zweite Feder zu diesem Schlusse selbst einige Zeit gebraucht, welche dann je nach ihrer Grösse den Versuch mehr oder weniger fehlerhaft macht. Es lässt sich allerdings die Anordnung leicht so treffen, dass dieser Fehler ein fast verschwindender ist; wenn man nämlich, wie dies Director Stefan gethan, statt des Kautschukfadens einen kurzen Draht oder undehnbaren Bindfaden nimmt, in denen die Fortpflanzung der Contractionswelle jedenfalls eine durch das Chronoskop unmessbar kleine Zeit in Anspruch nimmt, so findet man bald die geeignete Stellung und Spannung der Contactfedern, bei welcher das Chronoskop während des Versuches keine Verrückung des Zeigers mehr angibt. Allein es sind die Hipp'schen Chronoskope nicht von solcher Empfindlichkeit dass sie einen Zeitverlauf von wenigen Tausendtelsekunden noch anzeigen — das mir zu Gebote stehende, vollkommen neue Instrument reagirte in der Regel erst auf einen Zeitverlauf von 12—16 Tausendtelsekunden — und es ist daher bei der vorstehenden Anordnung des Versuches sehr gut möglich, dass die Contactfeder zum Niederfallen und Schliessen des Stromes eine Zeit von einigen Tausendtelsekunden braucht, ohne dass das Chronoskop dieselbe anzeigt. Hiervon überzeugte ich mich auch dadurch, dass ich bei Anwendung von Kautschuk an Stelle des Bindfadens ganz merkliche und regelmässige Differenzen bekam, je nachdem ich die Spannung der Contactfedern änderte, wobei natürlich diese Änderungen stets in den Grenzen blieben, innerhalb deren sie sich vorher bei Anwendung von Bindfaden

als vollkommen unwirksam gegen das Chronoskop verhielten. So erhielt ich z. B. bei einem Versuche bei starker Spannung der Feder, in Tausendtelsekunden die Zahlen 45, 43, 43, 44, 43, dagegen bei schwächerer, jedoch immer in obigen Grenzen gehaltener Spannung die Zahlen 51, 51, 53, 50, 51; um daher frei zu sein von einem derartigen variablen Fehler, änderte ich die Contactvorrichtungen dahin ab, dass nicht nur die Einschaltung, sondern auch die Arretirung des Chronoskopes durch eine Stromesunterbrechung bewerkstelligt werden konnte.

Fig. 1.



Es sind zu diesem Zwecke zwei Stromesquellen *A* u. *B*, Fig. 1, Daniell'sche Elemente von passender Stärke, nöthig; die durch den Kautschukfaden *c* gespannten Federn *a* und *b* sind so gestellt, dass ohne Spannung, erstere gegen den Contact *d* anliegt, letztere von *e* absteht, während der Spannung dagegen erstere gegen den Contact *f*, letztere gegen *e* anliegt. Zu Beginn des Versuches ist daher das Uhrwerk des Chronoskopes durch den v. *A* ausgehenden, in das Chronoskop *C* bei *g* ein- und bei *h* austretenden, durch *a* und *f* geschlossenen Strom arretirt; der v. *B* ausgehende Strom ist direct durch den Contact *e*—*b* geschlossen. Wird nun die Spannung des Kautschukfadens bei *a* plötzlich unterbrochen, so hebt sich die Feder *a* von *f* weg und schlägt gegen *d*, noch bevor die Spannungsänderung im Kautschuk bis *b* gekommen ist, was sich leicht durch Controlversuche nachweisen lässt. Während nun *a*—*f* unterbrochen und *e*—*e* noch nicht geöffnet ist — die eigentliche Versuchszeit — ist das Element *A* vollständig ausgeschaltet, und von *B* könnte nur ein Zweigstrom, *BbdahgB*, durch das Chronoskop gehen: hat man aber die Elemente auf die für das Chronoskop passende Intensität eingerichtet, dann ist dieser Zweigstrom vermöge des grossen Widerstandes im Chronoskope und der ganz directen Schliessung *e*—*b* viel zu schwach, um eine Arretirung desselben

zu bewirken. Ist aber das Nachlassen der Spannung von *a* bis *b* gekommen — der Versuch also beendigt — dann wird der Contact *b—e* unterbrochen und der ganze Strom des Elementes *B* geht durch das Chronoskop, dessen Arretirung somit erfolgt. Man ist bei dieser Anordnung der Contacte jedenfalls frei von allen variablen Fehlern, auf welche es im vorliegenden Falle ja hauptsächlich ankömmt, da es sich um vergleichende Bestimmungen bei verschiedenen Temperaturen handelt. Dass durch Anwendung zweier Elemente statt eines einzigen die constanten Fehler vergrössert würden, ist kaum anzunehmen, jedenfalls aber nicht in einer, die Vergleichung der Resultate merklich störenden Weise.

Noch bevor die Versuche mit verschiedenen Temperaturen angestellt wurden, untersuchte ich die Grösse der Schallgeschwindigkeit in verschieden langen Stücken von ein und derselben Kautschukschnur bei gewöhnlicher Zimmertemperatur, um zu sehen, inwieweit die Resultate mit einander übereinstimmen würden; die nachfolgende Tabelle gibt die erhaltenen Werthe.

Tabelle I.

Länge der Schnur	Angaben des Chronoskopes bei den einzelnen Versuchen in Tausendtelsekunden	Schall-geschwindigkeit
I. 0"91	20, 20, 19, 20, 21, 20	45"5
II. 2"07	44, 42, 46, 46, 46, 45, 46	46"0
III. 3"83	85, 84, 84, 85	45"3
IV. 6"77	144, 142, 145, 145, 142, 144, 146, 143, 142	47"1

Es wurden diese Versuche alle bei einer gleichen Spannung von 200 Gramm vorgenommen; es ist bei vergleichenden Versuchen eine gleiche Spannung unbedingt nothwendig, da sich die Schallgeschwindigkeit sehr merklich mit der Spannung ändert und zwar in gleichem Sinne. So ergab z. B. eine Kautschuk-

schnur, deren Länge in ungespanntem Zustande 1" betrug, bei Spannung auf verschiedene Länge die nachstehenden Werthe.

Tabelle II.

Länge während des Versuches	Angaben des Chronoskopes bei den einzelnen Versuchen in Tausendtelsekunden	Schall-geschwindigkeit
I. 2"0	41, 44, 43. 42, 43, 41, 43, 42	47"2
II. 3"0	54, 51, 54, 52, 53, 54, 50, 53, 56, 53	56"6
III. 4"0	63, 64, 64, 66, 63, 63, 63, 63, 65, 62	62"9
IV. 5"0	77, 74, 77, 77, 74, 75, 78, 74, 75, 77	65"9

Die aus den Versuchen der Tabelle I sich ergebenden Werthe der Schallgeschwindigkeit stimmen sehr gut mit dem von Director Stefan nach derselben Methode erhaltenen Werth von 46", was jedoch nur in einer zufälligen Gleichheit des verwendeten Materiales seinen Grund haben kann, da in den verschiedenen Arten des Kautschuks sich eine sehr verschiedene Geschwindigkeit des Schalles ergibt. Bei dem in dem vorliegenden Versuche angewendeten Kautschuk bewirkte die Spannung von 200 Gramm eine Ausdehnung desselben auf ungefähr das Doppelte der ursprünglichen Länge.

Um nun auch bei höheren Temperaturen die Versuche anstellen zu können, ward die zu untersuchende Kautschukschnur in einen regulirbar heizbaren Raum gebracht, dessen Temperatur an drei, längs der Schnur angebrachten Thermometern abgelesen wurde. Es wurde zunächst ein Stück des schon bei den Vorversuchen verwendeten Kautschuks (vulcanisirt, schwa untersucht; die nachfolgende Tabelle ergibt die Abhängigk der Schallgeschwindigkeit in demselben von der

Tabelle III.

Temperatur in Cels.	Schallgeschwindigkeit
0°	54"0
12	47·6
15	47·0
33	37·5
40	33·5
50	30·7
60	30·2
74	29·0

Nach dem Versuche ergab sich bei gewöhnlicher Zimmertemperatur wieder eine Schallgeschwindigkeit von 47"; es hatte demnach der Kautschuk durch den Einfluss der angewendeten hohen Temperatur noch keine bleibende Veränderung erlitten. Man sieht aus dieser Tabelle, dass die Schallgeschwindigkeit, also auch die Elasticität, mit wachsender Temperatur sehr bedeutend abnimmt und nicht wächst, wie dies Schmulewitsch zur Erklärung des abnormen Verhaltens des Kautschuks gegen Wärme angenommen hatte; es bleibt diese Abnahme der Elasticität mit der Temperatur auch noch bestehen, wenn man beliebig grosse Spannungen des Kautschuks anwendet, indem dann nur die absoluten Werthe der Schallgeschwindigkeit sämmtlich wachsen in der Weise, wie dies für Zimmertemperatur aus Tabelle II ersichtlich.

Eine andere Kautschukschnur (vulcanisirt, roth) ergab ganz ähnliche Resultate, nur dass die absoluten Werthe etwas grösser sind als bei dem im vorhergehenden verwendeten Materiale.

Tabelle IV.

Temperatur	Schallgeschwindigkeit
0°	69"3
11	57·1
22	44·4
42	39·1
57	36·6
70	33·9

Noch zahlreiche weitere Versuchsreihen ergaben stets dieselbe Abnahme der Elasticität mit wachsender Temperatur. Ich stellte nun die Versuche noch nach einer zweiten Methode an, bei welcher es nicht nöthig sein sollte, den Kautschuk während des Versuches irgend einer Dehnung auszusetzen. Es wurde zu diesem Zwecke ein prismatischer Stab aus sehr feinem vulcanisirtem grauem Kautschuk verwendet von 1"60 Länge, dessen quadratischer Querschnitt 9□ Ctm. betrug. Die Fortpflanzung eines longitudinalen Impulses in demselben, etwa durch Auftupfen mit dem Finger gegen eine der Endflächen, war sehr deutlich bemerkbar, selbst wenn der Impuls nur ein äusserst schwacher war. Um auf diese Weise beobachten zu können, musste natürlich die Einschaltung des Chronoskopes und die damit verbundenen Contactvorrichtungen etwas modificirt werden: es hat zwar gar keine Schwierigkeit, gleichzeitig mit der Erregung des Impulses einen Contact zu schliessen und ebenso

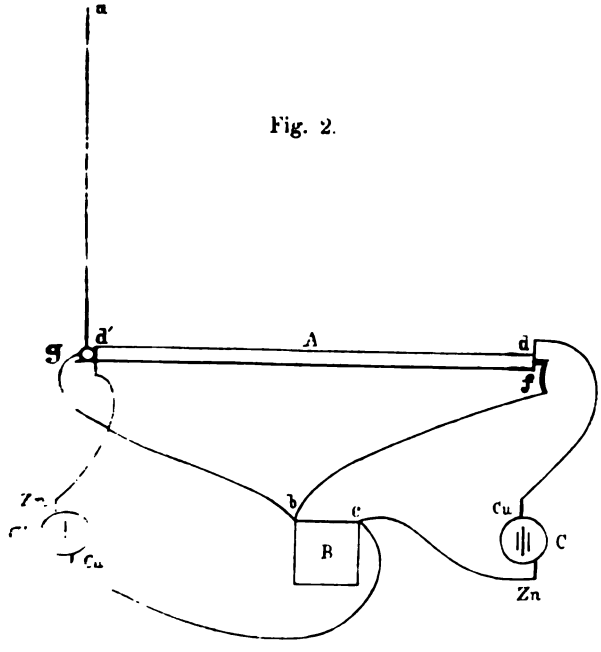


Fig. 2.

bei Ankunft desselben am anderen Ende des Kautschukstabes einen solchen zu unterbrechen, allein da das Uhrwerk des Hipp'schen Chronoskopes nur in Gang ist, wenn kein Strom

durch dasselbe geht und im entgegengesetzten Falle arretirt wird, so musste eine Einrichtung der Contacte in der Weise getroffen werden, dass zu Beginn des Versuches der durch das Chronoskop gehende Strom unterbrochen, und zu Ende desselben wieder geschlossen wurde; dies geschah in einer Weise, wie es Fig. 2 zeigt.

Der Kautschukstab *A* hatte an seinen beiden Enden metallische Belegungen *d* und *d'*, mittelst welcher einerseits durch die gegenschlagende hammerförmige Feder *f*, andererseits durch eine in *a* aufgehängte kleine Metallkugel *g* Contacte geschlossen oder unterbrochen werden konnten. Die beiden Daniell'schen Elemente *C* und *C'*, deren Stärke so gewählt ist, dass jedes für sich eben hinreicht, den Electromagneten des Chronoskopes *B* in Thätigkeit zu setzen, sind mit ihren Polen so angeordnet, dass die von ihnen ausgehenden Ströme, wenn die Constante *f—d* und *d'—g* gleichzeitig geschlossen sind, in entgegengesetzter Richtung den Electromagneten umkreisen. Es ist demnach zu Beginn des Versuches, wenn die den Impuls ertheilende Feder *f* von *d* abgehoben ist und die Kugel *g* gegen *d'* anliegt, das Uhrwerk durch den von *C'* ausgehenden Strom arretirt, da *C* durch die Unterbrechung bei *f* ganz ausser Thätigkeit gesetzt ist. Sobald die Feder *f* den Impuls ertheilt und gleichzeitig den Contact *f—d* schliesst, gehen die Ströme beider Elemente *C* und *C'* durch das Chronoskop, aber in entgegengesetzter Richtung, wodurch die von *C'* herrührende Arretirung des Uhrwerkes aufgehoben wird. Ist der Impuls in *d'* angekommen, so wird die Kugel *g* abgestossen, somit der von *C'* herrührende Strom unterbrochen und es wirkt nur mehr der Strom des Elementes *C*, der nun seinerseits das Uhrwerk arretirt. Es wurde bei diesen Versuchen der Kautschukstab immer in horizontaler Lage und so befestigt, dass er nur an den beiden Enden eingeklemmt wurde, während die übrige Oberfläche frei war; was die Ertheilung des Impulses anlangt, so geschah dieselbe nicht immer mittelst der Feder *f*, sondern zum Theil auch durch Anklopfen mit dem Finger, indem dann gleichzeitig der Contact durch einen dazwischen gehaltenen feinen Kupferdraht oder Staniolstreifen hergestellt wurde.

Die nach dieser directeren Methode angestellten Versuche en ganz in demselben Sinne wie die früheren aus; in der folgenden Tabelle ist beispielsweise eine solche Versuchsreihe angegeben, welche allerdings nur innerhalb der Grenzen 0—45° Cels. angestellt wurde, nichtsdestoweniger aber den gesetzmässigen Verlauf des Experimentes sehr deutlich erkennen lässt.

Tabelle V.

Temperatur	Angaben des Chronoskopes bei den einzelnen Versuchen in Tausendtelsekunden	Schallgeschwindigkeit
0°	36, 36, 37, 38, 37, 38, 38, 38, 35, 37, 38, 35, 38	43"2
10	40, 39, 39, 40, 40, 39, 38, 39, 39, 40, 40, 40	40·8
22	41, 43, 43, 45, 42, 42, 45, 41, 44, 41, 43	37·4
45	50, 47, 47, 50, 50, 50, 51, 49, 52, 47, 49, 50, 51, 51, 50, 51, 50.	32·3

Man sieht aus dieser Tabelle, dass auch bei einer Methode, wo gar keine Dehnung des Kautschuks in Anwendung kommt, sondern lediglich die Fortpflanzung eines longitudinalen Impulses, sich eine bedeutende Abnahme der Elasticität mit wachsender Temperatur ergibt.

Es scheint demnach die von Schmulewitsch gegebene Erklärung des abnormen Verhaltens des Kautschuks gegen Wärme eine irrige zu sein und eine derartige Erklärung überhaupt eher in durch die Bereitungsweise hervorgerufenen besonderen Structurverhältnissen als in abnormen physikalischen Eigenschaften des Materiales zu suchen; dass bei dieser Erscheinung die Structurverhältnisse mit im Spiele seien, dafür scheint auch die Thatsache zu sprechen, dass bei einer anderen Art von

Körpern mit hervorragender Structur, nämlich bei den thierischen Muskeln, ein ganz gleiches abnormes Verhalten gegen die Wärme auftritt.

Um zu sehen, inwieweit die aus den vorigen Versuchen erhaltenen beobachteten Werthe für die Fortpflanzungsgeschwindigkeit eines longitudinalen Impulses im Kautschuk mit der berechneten Schallgeschwindigkeit in demselben stimmen würde, berechnete ich letztere aus der bekannten Formel

$$v = \sqrt{\frac{g}{\delta}},$$

wo v die Schallgeschwindigkeit, g die Beschleunigung beim freien Fall, und δ die Verlängerung bedeutet, welche ein Stab von der zu untersuchenden Substanz und 1^m Länge erfährt, wenn er der Einwirkung einer seinem eigenen Gewichte gleichen Belastung ausgesetzt wird. Da der im früheren verwendete Kautschukstab, auf den sich die Werthe der Tabelle IV beziehen, mir nicht mehr zur Verfügung stand, so benützte ich zur Bestimmung dieser Verlängerung einen anderen Stab von demselben Materiale und 4 □ Cent. Querschnitt. In demselben hatte sich die Schallgeschwindigkeit nach der früheren Methode mit dem Chronoskope bestimmt zu 34^{m}6 ergeben bei gewöhnlicher Zimmertemperatur. Der für denselben Stab nach obiger Formel und aus der beobachteten Verlängerung berechnete Werth betrug 37^{m}5, was in Anbetracht der nur approximativ ausführbaren Bestimmung jedenfalls eine genügende Übereinstimmung zu nennen ist. Es liegt dieser Werth, sowie die sämmtlichen im vorhergehenden, an verschiedenem Kautschuk erhaltenen, auch innerhalb der Grenzen, welche Director Stefan nach der Methode der Schwingungen zusammengesetzter Stäbe [1] für die Schallgeschwindigkeit im Kautschuk fand; es variirten die nach dieser Methode erhaltenen Werthe, je nach der Beschaffenheit des Materiales von 30—60^m.

Ich habe schliesslich noch untersucht, ob bei der zweiten von mir angewendeten Methode eine Variation der Intensität des Impulses einen Einfluss auf die Fortpflanzungsgeschwindigkeit desselben ausübe oder nicht. Die verschiedene Intensität des

[1] Wien. Akad. LVII.

pulses wurde durch verschieden starkes Spannen der anlagenden Feder *f* in Fig. 2 erzeugt, wodurch ganz erhebliche, nn auch freilich nicht messbare Differenzen in der Intensität wirkt werden konnten.

Die erhaltenen Resultate ergaben jedoch keinen bestimmten nterschied, selbst für die extremsten Fälle der Spannung, wie e nachfolgende Tabelle zeigt.

Tabelle VI.

Stab, dessen Querschnitt = 9□ Cent.

Impuls	Angaben des Chronoskopes bei den einzelnen Versuchen in Tausendtelsekunden	Mittel
Sehr schwach	43, 42, 42, 42, 43, 43, 43, 43	42·6
Sehr stark	43, 43, 44, 39, 42, 42, 43, 43	42·4

Tabelle VI.

Stab, dessen Querschnitt = 4□ Cent.

Impuls	Angaben des Chronoskopes bei den einzelnen Versuchen in Tausendtelsekunden	Mittel
Sehr schwach	44, 44, 42, 44, 42, 44, 45	43·6
Sehr stark	45, 43, 44, 43, 45, 42, 45	43·8

Diese Tabellen zeigen, dass die Fortpflanzungsgeschwindigkeit mit der Intensität des Impulses wenigstens in dem hier verwendeten Intervalle sich um nichts merkliches ändert, da in den Tabellen auftretenden Differenzen ohne Zweifel als

Beobachtungsfehler zu nehmen sind, um so mehr, da die Abweichungen bei den verschiedenen Versuchsreihen nach entgegengesetzter Richtung liegen. Dessenungeachtet wäre es bei genauerer Construction des Apparates, und besonders bei Anwendung grösserer Versuchslängen auf diese Weise vielleicht am ehesten möglich, die Frage nach der Abhängigkeit der Schallgeschwindigkeit von der Intensität der Erregung ganz direct zu lösen.

Strassburg den 20. December 1873.

Zur Analysis situs Riemann'scher Flächen.

Von Dr. H. Durège,
Professor an der Universität zu Prag.

(Mit 1 Tafel.)

Bezeichnet bei einer über einen endlichen Theil der Ebene ausgebreiteten Riemann'schen Fläche g die Anzahl der in ihr enthaltenen einfachen Verzweigungspunkte, U die Anzahl der Umläufe ihrer Begrenzungscurven und q die Anzahl der Querschnitte, welche die Fläche in eine einfach zusammenhängende verwandeln, so besteht zwischen diesen drei Zahlen bekanntlich die Beziehung

$$q = g - U + 1.$$

Dabei ist g so zu nehmen, dass ein Windungspunkt $(m-1)^{ter}$ Ordnung, in welchem also m Blätter der Fläche zusammenhängen, für $m-1$ einfache Verzweigungspunkte gerechnet wird. Die Zahl U aber ist so zu bestimmen, dass man die Anzahl der negativen Umläufe (d. h. solcher, bei denen die Randcurve, während das begrenzte Gebiet zur Linken liegt, im Sinne der Bewegung eines Uhrzeigers durchlaufen wird) subtrahirt von der Anzahl der positiven Umläufe (Umläufe in entgegengesetzter Richtung).

Diese Formel wurde zuerst von Riemann aufgestellt und von ihm mit Hilfe der Abbildung der gegebenen Fläche durch einen Kreis und mit Benutzung des Integrals, welches angibt, wie oft eine Function innerhalb einer Fläche unendlich klein oder gross wird, bewiesen[1]. Eine geometrische Herleitung gab Herr J. Thomae in der Abhandlung: „Einige Sätze aus der *Analysis situs* Riemann'scher Flächen" (Schlömilch's Zeit-

[1] Riemann, Theorie der Abel'schen Functionen, Art. 7, Crelle's Journ. Bd. 54, pag. 127. Vgl. auch meine Elemente der Theorie der Functionen einer complexen Variablen. 1. Aufl. §§. 58, 59.

schrift f. Math. Bd. 12. pag. 361). Ich habe die obige Beziehung aus der entsprechenden für im Unendlichen geschlossene Flächen geltenden Formel

$$q = g - 2(n-1),$$

bei welcher n die Anzahl der Blätter bedeutet, abgeleitet. Sie folgt aus dieser unmittelbar, wenn man die unendlich fernen Punkte aus der Fläche ausscheidet und die Blätter der Letzteren wieder in der Ebene ausbreitet; gilt aber zunächst nur für die specielle Art der Begrenzung, die sich hiebei ergibt. Ich habe dann nachzuweisen versucht, dass sie auch für beliebig begrenzte Flächen richtig bleibt[1]. Dieser Nachweis ist jedoch nicht vollständig, und ich möchte in dem Folgenden das Fehlende ergänzen.

Es wurde zunächst gezeigt, dass obige Beziehung gilt, wenn die Fläche folgende Beschaffenheit hat: Die äusseren Randcurven umgeben alle in der ursprünglichen geschlossenen Fläche enthaltenen im Endlichen liegenden Verzweigungspunkte, und im Inneren können sich Lücken befinden, jedoch nur solche, bei denen ein ausgeschiedenes Flächenstück entweder keinen oder nur einen Verzweigungspunkt beliebig hoher Ordnung enthielt. Alle übrigen Modificationen der Fläche können nun entweder durch nicht zerstückende Querschnitte hervorgebracht werden (und von diesen wurde gezeigt, dass sie die Beziehung ungeändert lassen), oder dadurch, dass man nach und nach jedesmal ein an einem äusseren oder inneren Rande liegendes Flächenstück ablöst, das nur einen weiteren Windungspunkt beliebig hoher Ordnung enthält. Die Ablösung solcher Stücke muss stets durch Querschnitte geschehen, und diese müssen der Art sein, dass die aus ihnen und den anstossenden Randtheilen bestehende Begrenzung des abgelösten Stückes eine geschlossene, den Windungspunkt $m$mal umgebende Linie bildet, wenn dieser von der $(m-1)^{\text{ten}}$ Ordnung ist.

Nun ist im Texte nur der Fall berücksichtigt, dass von den erwähnten Querschnitten keiner den Verzweigungspunkt umwin-

---

[1] Elemente der Theorie der Functionen einer complexen Variabeln. 2. Aufl. §. 53.

det, in welchem Falle ihre Anzahl m beträgt. Aber die Anzahl der zur Ablösung des Flächenstückes erforderlichen Querschnitte kann auch kleiner als m sein, falls einer oder mehrere unter ihnen den Verzweigungspunkt umwinden; und die Betrachtung dieses Falles ist darum nothwendig, weil gewisse Flächenformen auf die erstere Art nicht erzeugt werden können.

Nehmen wir daher jetzt den Fall an, dass unter den zur Abtrennung eines Verzweigungspunktes a (von der Ordnung $m-1$) erforderlichen Querschnitten nur einer diesen Punkt $\mu-1$mal umwinde, wobei $\mu \leqq m$ sei. Dann ist leicht ersichtlich, dass ein solcher Querschnitt die Stelle von μ der früheren vertritt, da er sich durch μ Blätter hindurch bewegt. Zur Vollendung der Ablösung sind also ausserdem noch $m-\mu$ Querschnitte erforderlich, welche den Punkt a nicht umwinden, so dass im Ganzen $m-\mu+1$ Querschnitte verwendet werden. In diesem Falle ändern sich nun alle drei Zahlen q, g und U. Denn man hat jetzt durch $m-\mu+1$ Querschnitte ein einfach zusammenhängendes Stück abgelöst, mithin wird q um $m-\mu$ verkleinert (Elemente etc. §. 51. V). Ferner ist g um $m-1$ zu vermindern, da mit a zugleich $m-1$ einfache Verzweigungspunkte ausgeschieden werden. Was endlich U betrifft, so ändern die $m-\mu$ den Punkt a nicht umwindenden Querschnitte die Umläufe nicht, sondern bringen nur eine veränderte Art des Zusammenhängens der Randcurven hervor. Aber der den Verzweigungspunkt $\mu-1$mal umwindende Querschnitt macht in der Begrenzung des abgelösten Stückes $\mu-1$ positive Umläufe und fügt folglich der Begrenzung der übrigbleibenden Fläche ebenso viele negative Umläufe hinzu; also ist U um $\mu-1$ zu vermindern. Demnach geht gleichzeitig

$$\begin{aligned} q &\text{ in } q-(m-\mu) \\ g &\text{ „ } g-(m-1) \\ U &\text{ „ } U-(\mu-1) \end{aligned}$$

über, und es bleibt daher die für die ursprüngliche Fläche geltende Beziehung $q = g-U+1$ auch für die neue Fläche bestehen. Ebenso lässt sich die Richtigkeit der Formel darthun, wenn mehr als ein Querschnitt den auszuscheidenden Verzweigungspunkt umwindet, und daher unter den $m-\mu$ früheren wieder mehrere durch einen ersetzt werden.

Es kann auch der Fall vorkommen, dass die Ablösung des Flächenstückes, welches den Verzweigungspunkt *a* enthält, schon durch einen, diesen Punkt $\mu-1$ Mal umwindenden Querschnitt bewerkstelligt wird, ohne dass noch weitere Querschnitte hinzugefügt zu werden brauchen. Alsdann aber vereinigt sich der Querschnitt mit $m-\mu$ Umläufen der Begrenzung der ursprünglichen Fläche zu einer geschlossenen Linie, die den Windungspunkt $m$mal umgibt, und es werden dann $m-\mu$ Blätter gänzlich abgetrennt. In diesem Falle bleibt q ungeändert; g nimmt um $m-1$, U aber um $\mu-1+m-\mu$, also ebenfalls um $m-1$ ab, so dass die Beziehung auch hier bestehen bleibt. Es ist aber eigentlich nicht nöthig, diesen Fall besonders zu berücksichtigen, da eine so entstehende Fläche auch aus einer anderen erzeugt werden kann, die von Hause aus nur μ Blätter besass.

Es scheint mir nun sehr wahrscheinlich, dass man mit Hilfe der besprochenen Schnitte jede in beliebiger Weise begrenzte Fläche erzeugen kann. Geht man nämlich von einer Fläche aus, welche noch alle bei einer gegebenen Fläche in Betracht kommenden Verzweigungspunkte im Inneren enthält, und nur von äusseren Randcurven begrenzt ist, so gilt unsere Formel für eine solche Fläche jedenfalls. Aus dieser schneide man dann mit Hilfe der erwähnten Schnitte alle diejenigen Theile weg, welche in der gegebenen Fläche nicht vorhanden sind, und füge noch die etwa nöthig werdenden nicht zerstückenden Querschnitte hinzu, so lassen alle diese Schnitte die in Rede stehende Beziehung ungeändert. Ich möchte dies durch ein möglichst einfaches Beispiel erläutern. Es stelle Fig. 1 eine Fläche dar, bei welcher die punktirten Linien einen Flächenstreifen begrenzen, der im zweiten Blatte unter dem darüber liegenden des ersten Blattes fortgeht. Diese Fläche soll aus der durch Fig. 2 dargestellten erzeugt werden, in welcher *ab* und *cd* zwei Verzweigungsschnitte bedeuten. Dies geschieht durch die in Fig. 3 angegebenen Schnitte *eghi*, *hkl*, *krmn*, *mop*. Bei diesen ist $\mu=m=2$; jeder von ihnen umwindet einen Verzweigungspunkt einmal und löst ein den Verzweigungspunkt enthaltendes einfach zusammenhängendes Stück ab. Zuletzt wird dann noch der Querschnitt *og* geführt, der das einfach zusammenhängende Stück *poge* ablöst, und durch den sich keine der Zahlen q, g, U ändert. Auf diese

Art schneidet man das zweite Blatt nach und nach fast ganz weg und lässt nur den von den Linien *kr* und *og* begrenzten Streifen stehen. Die gegebene Fläche (Fig. 1) ist, wie man leicht sieht, vierfach zusammenhängend; und in der That ist bei ihr $g=0$, $U=1-3=-2$, und dann $q=0-(-2)+1=3$.

Es bleibt allerdings immer sehr misslich, mit Bestimmtheit behaupten zu wollen, dass jede wie immer begrenzte Fläche durch die besprochenen Schnitte erzeugt werden könne, so lange man die Form einer etwa gegebenen Fläche nicht im voraus kennt. Daher mag es gestattet sein, noch einen anderen Beweis für die Allgemeingültigkeit der Riemann'schen Formel hinzuzufügen, der unabhängig ist von der im Eingange erwähnten, für im Unendlichen geschlossene Flächen geltenden Beziehung. Er stützt sich auf den Satz, dass bei einer einfach zusammenhängenden Fläche, wenn diese gar keine Verzweigungspunkte enthält, die begrenzende Randcurve immer nur einen einzigen Umlauf macht. Man überzeugt sich davon am einfachsten, wenn man die Randcurve wie einen beweglichen und ausdehnbaren Faden sich vorstellt. Denn da die Randcurve sich nirgends selbst durchschneidet[1], und ihrer Verschiebbarkeit nirgends durch einen Verzweigungspunkt ein Hinderniss in den Weg gelegt wird, so kann sie stets in einen einmal zu durchlaufenden Kreis umgeformt werden.

Es sei nun eine beliebige, über einen endlichen Theil der Ebene ausgebreitete Riemann'sche Fläche gegeben, und für diese mögen q, g, U die früher angegebene Bedeutung haben. Dann ist $g-U+1$ jedenfalls eine ganze Zahl (oder Null). Die zu beweisende Formel sagt aus, dass diese Zahl gerade gleich q ist. Wir wollen dies nun nicht voraussetzen, sondern annehmen, es sei

$$g-U+1=q+\varkappa,$$

und dann beweisen, dass $\varkappa$ den Werth Null haben muss.

---

[1] Es kann wohl vorkommen, dass die Fläche sich theilweise selbst überdeckt, wie z. B. in Fig. 4; aber dann hat man anzunehmen, dass die sich treffenden Theile der Randcurve in verschiedenen Blättern sich befinden und sich nicht treffen.

Zu dem Ende entfernen wir zuerst aus der Fläche sämmtliche Verzweigungspunkte, indem wir jeden mit einer wirklich geschlossenen Linie umgeben und das so begrenzte, den Verzweigungspunkt enthaltende Stück aus der Fläche ausscheiden. Dann bleibt die obige Gleichung bestehen, denn bei Ausscheidung eines solchen Flächenstückes geht q über in $q+1$ (Elemente §. 51, IV). Ist ferner der ausgeschiedene Verzweigungspunkt von der Ordnung $m-1$, so geht g über in $g-m+1$, gleichzeitig aber auch U in $U-m$, da der neu hinzugefügte Rand m negative Umläufe macht. Wenn also nach Ausscheidung sämmtlicher Verzweigungspunkte q in q', und U in U' sich verwandelt hat, so erhält man, da g Null geworden ist,

$$-U'+1 = q'+\varkappa.$$

Diese Fläche erfordert jetzt q' nicht zerstückende Querschnitte zur Umwandlung in eine einfach zusammenhängende Fläche. Zieht man diese Querschnitte, so bleibt die Gleichung immer noch richtig. Denn bei jedem nicht zerstückenden Querschnitt geht q' über in $q'-1$ (Elemente §. 51, I), gleichzeitig aber U' in $U'+1$ (Elemente, pag. 187). Ist also, nachdem die Fläche einfach zusammenhängend, und daher q' Null geworden ist, U' in U'' übergegangen, so hat man

$$-U''+1 = \varkappa.$$

Nun aber ist die Fläche nicht blos einfach zusammenhängend, sondern sie enthält auch gar keine Verzweigungspunkte, also macht ihre Randcurve nur einen einzigen Umlauf, d. h. es ist $U''=+1$, und folglich $\varkappa=0$, w. z. b. w.

Prag, 12. Jänner 1874.

Fig 1.

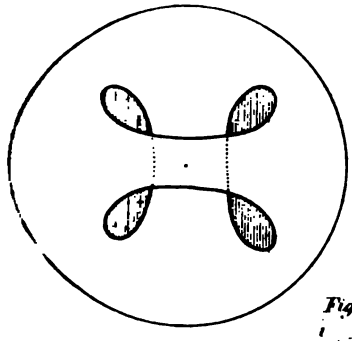


Fig 2

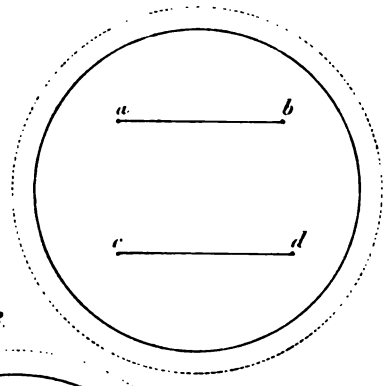


Fig 3.

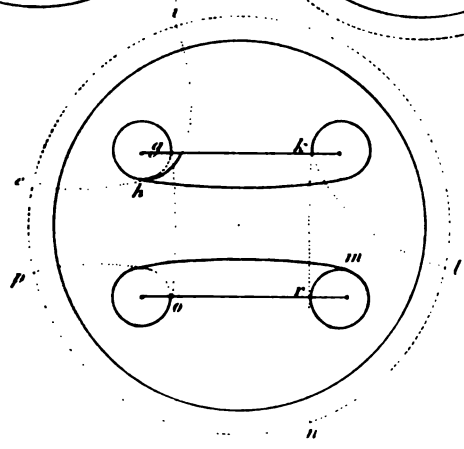
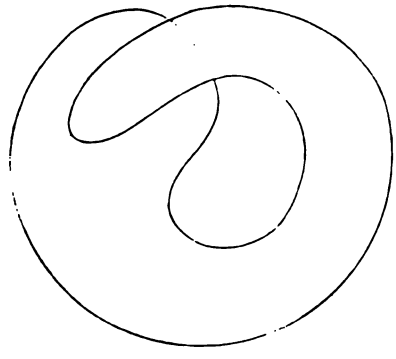


Fig 4



Versuche über den Gleichgewichtssinn.

Von **E. Mach.**

(Zweite Mittheilung.)

1.

Bei Wiederholung der in der ersten Mittheilung beschriebenen Versuche haben sich einige neue Beobachtungen dargeboten, welche ergänzend hinzutreten. Diese sollen hier beschrieben werden.

Zuvor sei mir jedoch erlaubt, das Verhältniss meiner Arbeit zu den einstweilen publicirten Abhandlungen von Breuer[1] und Cyon[2] zu bezeichnen, wovon ich die erstere in zwei Auszügen, die zweite vollständig zur Hand habe.

Breuer stimmt mit mir darin überein, dass er die Bogengänge für Organe zur Perception der Kopfdrehungen hält, während sie nach Goltz nach Art einer Wasserwage die Kopfstellungen signalisiren sollen. Breuer nimmt aber eine wirkliche Strömung der Endolymphe bei Bewegungen an, während ich eine solche nicht anzunehmen vermag und schon in der ersten Mittheilung erwähnt habe, dass man die Bewegung bei sorgfältig angestellten Versuchen nicht sehen kann. Keinesfalls lässt sich der Drehschwindel nach Beendigung der Drehung aus einer fortdauernden Drehung des Bogenganginhalts erklären. Man muss also jedenfalls eine Nachdauer der einmal erregten

[1] Breuer, Anzeiger der k. k. Gesellschaft der Ärzte vom 20. November 1873. Nr. 7, und Wiener medicinische Wochenschrift vom 20. December 1873.

[2] Cyon, Pflüger's Archiv VIII. Bd. Heft 6, 7, S. 306.

Drehempfindung statuiren und damit allein sind die Beobachtungen unter einander schon in Einklang gebracht [1].

Die Schlüsse, welche Breuer aus den Thatsachen der vergleichenden Anatomie gezogen hat, sowie meine Folgerungen aus den mir bekannten Daten stimmen, so viel ich sehe, vollständig. Natürlich ist in Breuer's Abhandlung der anatomische Theil, in meiner der physikalische Theil vollständiger. Im Ganzen war ich kurz und habe nur das nicht Selbstverständliche

---

[1] Nennt man die Winkelgeschwindigkeit des knöchernen Labyrinthes $v = \varphi(t)$, jene des Inhaltes u und setzt man die Reibung proportional der Relativgeschwindigkeit, so ist

$$\frac{du}{dt} = k[\varphi(t) - u],$$

wobei k eine Constante. Hieraus folgt

$$u = e^{-kt}[k + \int e^{kt}\varphi(t)dt],$$

in welchem Ausdrucke k die Integrationsconstante ist. Betrachtet man die Drehempfindung als proportional der Relativgeschwindigkeit, so ist dieselbe proportional

$$\varphi(t) - e^{-kt}[k + \int e^{kt}\varphi(t)dt].$$

Nehmen wir hingegen an, der Labyrintinhalt bewege sich nicht wirklich, die durch den Druck einmal erregte Empfindung habe dafür eine Nachdauer, so dass, wenn die Erregung im Momente des Druckes die Intensität 1 hat, diese Intensität nach Verlauf der Zeit τ durch $\Psi(\tau)$ vorgestellt wird. Die Geschwindigkeit der Bewegung, welche mit $t = o$ beginnen soll, sei $\varphi(t)$, dann ist die Bewegungsempfindung zur Zeit t vorgestellt durch

$$\int_{\tau=o}^{\tau=t} \varphi'(t-\tau)\Psi(\tau)d\tau.$$

Man sieht, dass beide Annahmen, jede für sich, schon sehr complicirte Resultate geben. Noch weniger rathsam wäre es, beide zu vereinigen. Am besten kommt man weg bei Betrachtung kurzer Bewegungen, indem man die Bewegungsdauer gegen die Nachdauer ignorirt und keine Strömung des Labyrinthsinhalts annimmt, wie dies in der ersten Mittheilung geschehen ist.

Man kann unmöglich an Bewegungen des Labyrinthinhaltes denken, wenn man die Empfindungen der Progressivbewegungen nach demselben Princip durch Vorgänge im Labyrinth erklären will, wie die Empfindung der Drehungen. Progressivbewegungen von solcher Dauer, wie sie empfunden werden, sind da eben unmöglich.

behandelt, umsomehr als ich beim Abfassen meiner Arbeit noch Zeit zu späterer Ausführung zu haben meinte und noch an keine Concurrenzarbeit dachte.

Bei Wiederholung des Purkyně'schen electrischen Versuchs war mir die Arbeit von Hitzig[1] noch nicht bekannt. Nachdem ich dieselbe gelesen, muss ich mit Hitzig die centrale Natur der betreffenden Vorgänge für wahrscheinlich halten; sie dürften kaum blos mit den Bogengängen zu thun haben, wie ich selbst geglaubt habe und wie Breuer auch glaubt.

Die Augenbewegungen, welchen wohl viel mehr Antheil an den Schwindelerscheinungen zugeschrieben wird, als sie verdienen, hat Breuer genauer untersucht wie ich. Ich will hier nur ergänzend hinzufügen, dass man sehr bedeutende subjective Drehungserscheinungen nachweisbar bei ruhiger Fixation und ohne Augenbewegungen haben kann. Befestigt man im Innern des in der früheren Mittheilung beschriebenen Papierkastens ein schwarzes Kreuz auf weissem Grund, welches wenn man den Durchkreuzungspunkt fixirt, jede Blickschwankung durch ein Nachbild verräth, so beobachtet man beim Eintritt des Drehschwindels kein solches Nachbild. Man kann fixiren und dennoch die Dreherscheinung haben. Auch habe ich mich durch directe Betrachtung der Augen eines zweiten Beobachters überzeugt, dass die Augen, wenn man den Versuch in der von mir beschriebenen Weise ausführt, ruhig fixiren können. Dass dies anders sein kann, wenn man sich durch eigene Muskelaction dreht, auf welchen complicirten Fall ich aber lieber noch nicht eingehe, ist wohl zuzugeben. Endlich muss hervorgehoben werden, dass die Augenbewegungen schon deshalb nicht alle Schwierigkeiten aufklären können, weil an verschiedenen Netzhautstellen eine ungleiche (von der Parallaxe des Objectes abhängige) Bewegungsempfindung ausgelöst werden kann.[2]

[1] Hitzig, Archiv von Reichert u. Dubois, 1871.

[2] Seither hat mir Herr Dr. Breuer mitgetheilt, dass beim Fixiren der Bulbi die Scheinbewegung beträchtlich vermindert wird, dass andererseits die Augenbewegungen unter Umständen sehr klein werden und dadurch der Beobachtung entgehen können. Ich bin jetzt durch Unwohlsein verhindert, diese Versuche zu wiederholen.

Der Compensation einer subjectiven Bewegung durch eine objective ist schon Erwähnung geschehen. Es ist dies ein specieller Fall der Zusammensetzung beider Bewegungsarten, von welcher hier gleich ein Beispiel folgen mag.

Wenn man im Versuche 5 der vorigen Mittheilung bei der Drehung den Kopf auf die Brust vorneigt und nach dem Anhalten des Apparates aufrichtet, so combinirt sich die wirkliche Axendrehung der Trommel um eine Verticalaxe mit der subjectiven des Beobachters um eine Horizontalaxe zu einer Drehung um eine schief liegende Axe.

Cyon schliesst aus seinen Versuchen, dass die Bogengänge Raumorgane seien, welche uns „unbewusste Empfindungen“ liefern, aus welchen wir „unbewusste Schlüsse“ über die Kopfstellung ziehen. Cyon denkt daran, dass die Störungen bei Durchschneidung der Bogengänge Folge von anomalen Gehörsempfindungen seien. Letzteres wird man sehr unwahrscheinlich finden, wenn man bedenkt, dass die beim Drehschwindel auftretenden ganz ähnlichen Phänomene keineswegs von Gehörsempfindungen begleitet sind. Überhaupt würde Cyon, wenn er für die unbewussten Schlüsse weniger eingenommen wäre, aus seinen Versuchen wahrscheinlich ähnliche Folgerungen gezogen haben wie Breuer und ich.

2.

Übergehen wir zu den neuen Versuchen. Dieselben beziehen sich theils auf die Empfindung der Drehung, theils auf jene der progressiven Bewegung. Den sechs Bewegungsgleichungen eines festen Körpers entsprechen wahrscheinlich sechs Empfindungen mit den zugehörigen physiologischen Processen. Die Empfindungen der drei Winkelbeschleunigungen werden wahrscheinlich durch die Ampullennerven der drei Bogengänge, die Empfindungen der Progressiv-Beschleunigungen muthmasslich durch den Sacculus vermittelt.[1]

[1] Dass es drei Empfindungen der Progressivbeschleunigungen gibt, wird durch die Analogie wahrscheinlich. Auch ist diese Zahl die kleinste ausreichende.

Dass die Bogengänge Organe für die Drehempfindung seien, ist nach der ersten Mittheilung sehr wahrscheinlich. Die Ansicht, den Sacculus betreffend, hat freilich nicht den gleichen Grad der Wahrscheinlichkeit, allein der Sacculus entspricht den Forderungen, welche an ein Organ zur Empfindung der Lage und Progressivbewegung zu stellen sind, noch am besten. Dass man sowohl den Bogengängen wie dem Sacculus oft akustische Functionen zugeschrieben hat, liegt wohl nur daran, dass man andere Functionen im Labyrinth nicht suchte und die Rollen unter die vorhandenen Organe theilen wollte.

Die ausgesprochenen Ansichten werden durch die folgenden Versuche, von welchen wir zunächst die auf die Drehung bezüglichen betrachten wollen, gestützt.

Versuch 1. Legt sich der Beobachter horizontal in den Rahmen *R* (erste Mittheilung) etwa aufs rechte Ohr, so erhalten seine verticalen inneren Bogengänge bei einer Drehung um die Axe *A* des Rahmens ein entgegengesetztes Drehungsmoment, welches dem Beobachter die Drehung zur Kenntniss bringt. Das Drehungsmoment verschwindet, sobald die Drehung gleichförmig geworden und alsbald auch die Nachempfindung derselben. Kehrt sich nun der Beobachter rasch vom rechten aufs linke Ohr [illegible], so werden die Cirkelcanäle das Bestreben haben, ihre Winkelgeschwindigkeiten beizubehalten und da jetzt der Sinn derselben der Drehung des Apparates entgegen ist, so empfindet man das doppelte Drehungsmoment und meint nun mit viel grösserer Geschwindigkeit sich im Sinne der anfänglichen Bewegung zu drehen. Die Betrachtung wird nicht wesentlich modificirt, wenn man, weil alle Bogengangebenen schief gegen die Rotationsaxe stehen, auf die Zerlegung der Drehungen eingeht. So oft man sich um eine Horizontalaxe um 180° dreht, tritt eine starke Auffrischung des Drehungsgefühls ein. — Das physikalische Analogon des Versuches ist leicht herzustellen. Man setzt sich in den Apparat und nimmt eine gut tönende Sirene mit, deren Scheibe man horizontal hält. Ist die Rotation des Rahmens gleichförmig geworden und hat die beim ersten Anstoss in Bewegung gerathene Sirenenscheibe aufgehört zu rotiren, so tritt die Rotation derselben immer der Rahmenbewegung entgegen und mit doppelter Geschwindigkeit auf,

sobald man die Scheibe in ihre eigene Ebene um 180° umklappt. [1]

Analoge Erscheinungen zeigen sich, wenn man die Stellung der Sirenenscheibe während der gleichförmigen Rotation des Rahmens überhaupt ändert.

Versuch 2. Man setzt sich in den Rahmen, etwa in die Rotationsaxe. Hält man den Kopf ruhig, so verschwindet bei gleichförmiger Drehung das Drehungsgefühl. Jede Drehung des Kopfes um eine der Rotationsaxe des Rahmens nicht parallele Axe bringt aber sofort ein eigenthümliches Drehungsgefühl hervor.

Nennen wir eine der Rotationsaxe des Apparates parallele Axe *A*, *B* die Axe, um welche der Kopf gedreht wird und *C* diejenige, um welche die scheinbare Drehung geschieht. Die Axen wollen wir durch Pfeile bezeichnet denken und zwar so, dass für einen Beobachter mit dem Kopf in der Spitze, dem Fuss im Schwanze des Pfeils, die Rotation unter den Füssen im Sinne des Uhrzeigers vor sich geht. Die Regel aller hieher gehörigen Erscheinungen ist nun diese: Legen wir die Schwänze der Pfeile *A*, *B* in denselben Punkt, so können wir den Schwanz von *C* in denselben Punkt legen und *C* senkrecht gegen die Ebene *AB* stellen, jedoch so, dass für den Beobachter mit dem Kopfe in der Spitze von *C*, *B* durch Drehung (um weniger als 180°) im Sinne des Uhrzeigers aus *A* hervorgeht.

Die Axe der scheinbaren Drehung steht also immer senkrecht auf der Ebene, welche die Axe des Apparates und die Drehungsaxe des Kopfes enthält. Die scheinbare Drehung, welche durch eine einfache Kopfwendung erregt wird, dauert einige Secunden nach. Sie kann sofort durch eine rasch folgende entgegengesetzte Kopfwendung aufgehoben werden.

Rotirt der Apparat, von oben gesehen, wie der Uhrzeiger (gewöhnlich mit etwa einem Umlauf in 4 Secunden) und man nickt bejahend mit dem Kopfe, so dreht sich jede Ebene, die man ansieht, in sich selbst wie der Uhrzeiger. Bei abwechseln-

---

[1] Dieser Versuch ist verwandt dem Foucault'schen Pendelversuch, der sich in eine ähnliche Form bringen liesse.

dem Heben und Senken des Kopfes scheint der Apparat ganz das Rollen eines Seeschiffes nachzuahmen.

Die beschriebenen subjectiven Erscheinungen sind analog denjenigen, welche man objectiv an der Fessel'schen Schwungmaschine wahrnehmen kann und die man zur Demonstration der Präcession der Nachtgleichen verwendet. Die Erklärung ergibt sich sehr einfach mit Hilfe der Poinsot'schen Drehungstheorie aus der in der ersten Mittheilung entwickelten Ansicht, und braucht hier nicht weiter ausgeführt zu werden.

3.

Es war mir nun darum zu thun, Experimente aufzufinden, welche in ähnlicher Weise die Empfindung der Progressivbeschleunigung demonstriren konnten, wie dies für die Empfindung der Winkelbeschleunigung schon geschehen ist.

Zunächst wurde eine Fallmaschine construirt, welche als eine Combination der Galilei'schen und Atwood'schen bezeichnet werden kann. Zwei Holzschienen von 22 Mtr. Länge und 2 Mtr. Fall auf diese Länge waren als schiefe Ebene aufgestellt. Auf der Aussenseite der Schienen lief ein einfacher Wagen für den Beobachter, auf der Innenseite ein zweiter niederer Wagen für Gegengewichte unter dem ersten Wagen durch. Beide waren durch eine Schnur, die über eine Rolle am oberen Ende der Schienen ging, mit einander verbunden. Das Ganze war mit kaum nennenswerthen Kosten sehr einfach in dem Raume von drei Zimmern durch die Thüren hindurch aufgestellt worden. Die ersten Versuche mit dem Apparat lehrten, dass jede Beschleunigung und Verzögerung von dem eingeschlossenen Beobachter empfunden wurden. Aber auch bei sehr merklichen Beschleunigungen verschwand die Empfindung bei der Fortdauer der gleichförmig beschleunigten Bewegung. Eine scheinbare Umkehrung der Bewegung für den eingeschlossenen Beobachter, wenn der Apparat angehalten wurde, trat nur in sehr geringem Masse ein und war von kaum merklicher Dauer. Da sich die Versuche wenig ergiebig zeigten, weshalb ich auch auf das Detail nicht eingehe, wurde der Apparat alsbald abgeräumt und durch einen neuen ersetzt.

Versuch 3. Denken wir uns in dem Rahmen *R* der ersten Mittheilung horizontale Schienen, auf den Schienen einen Rollstuhl für den Beobachter. Ein Gehilfe, der hinter dem Stuhle in dem Rahmen steht, hat die Aufgabe, denselben während der Rotation, die von einem andern Gehilfen besorgt wird, in Bewegung zu setzen. Rotirt der Apparat (von oben gesehen) im Sinne des Uhrzeigers, so entspricht jeder radialen Verschiebung des Beobachters nach vorne eine Beschleunigung nach rechts, jeder solchen Verschiebung nach hinten eine Beschleunigung nach links. Die Beschleunigung beträgt, wenn in der Zeit t bei der Winkelgeschwindigkeit φ die Strecke a gleichförmig durchfahren wird $\frac{a\varphi}{t}$. Die Beschleunigung hat ein Ende, wenn die Verschiebung aufhört. Es kommt hier, wie man sieht, dasselbe Princip zur Anwendung, welches zur Erklärung der Passatwinde, Flussabweichungen u. s. w. auf der rotirenden Erde verwendet wird [1]. — Man meint nun wirklich, dass bei jeder Vorwärtsbewegung, während man die Rotation längst vergessen hat, der ganze geschlossene Apparat nach rechts fortfliegt. Dies Fortfliegen hält noch an, wenn die Verschiebung schon beendigt ist. Die durch eine momentane Progressivbeschleunigung erregte Empfindung hat also eine merkliche Nachdauer.

Ob die Richtung des Bewegungsnachbildes sich mit einer Kopfwendung ändert, konnte nicht entschieden werden, da es selbst durch eine Axenführung nicht möglich war, den Kopf blos um eine der Apparat-Rotationsaxe parallele Axe zu drehen. Bei jeder anderen Drehung treten aber die in Versuch 2 erwähnten Erscheinungen so betäubend auf, dass alles Übrige unbemerkt bleibt.

Versuch 4. In dem Rahmen *R* befindet sich ein zweiter Rahmen *r* um eine parallele Axe leicht drehbar (erste Mit-

[1] Auf einer rotirenden Kugel bringt jeder aus einem Breitengrad in den anderen verschobene feste Körper nicht nur eine relative Progressivgeschwindigkeit, sondern auch eine relative Winkelgeschwindigkeit mit. Letztere fällt in einer rotirenden Ebene weg. Ich weiss nicht, wie weit dies bei Erklärung der Schienenabweichungen auf Eisenbahnen zu berücksichtigen ist.

theilung) und in *r* der Stuhl für den Beobachter. Der Beobachter ist in den Papierkasten eingeschlossen. Der Rahmen *r* wird an *R* zunächst festgebunden und eine rasche gleichförmige Rotation eingeleitet. Wenn der Beobachter letztere nicht mehr fühlt, löst er die Verbindung von *r* und *R* und commandirt Halt. Die Progressivbewegung des ausserhalb der Hauptaxe befindlichen Beobachters wird nun plötzlich gehemmt, während die Rotation nach dem Flächenprincip fortdauert. Sofort meint der Beobachter entgegengesetzt der eben gehemmten Progressivbewegung einige Secunden lang fortzufliegen.[1] Da er sich hiebei dreht, ohne etwas davon zu merken, so dreht sich also die Richtung des Bewegungsnachbildes mit seinem ganzen Körper. Leider kann der Versuch mit der blossen Kopfwendung auch hier nicht überzeugend ausgeführt werden. Man wird übrigens kaum irren, wenn man auch das Organ für die Empfindung der Progressivbeschleunigung in den Kopf verlegt. Ich erwähne noch, dass ein solches Bewegungsnachbild durch rasche und geschickte Wiedereinleitung der eben unterbrochenen Bewegung ausgelöscht werden kann. Ich muss annehmen, dass der gleichmässige geräuschlose Gang des Apparates bei dem letzten Versuch besonders zum Gelingen beigetragen hat. Doch war auch die plötzlich aufgehobene Geschwindigkeit bei dem letzten Versuch am grössten.

Wahrscheinlich verhalten sich die Empfindungen der Winkel- und der Progressivbeschleunigung durchaus analog.

4.

Man hat bisher mit Vorliebe die Ansicht gepflegt, dass die Wahrnehmung des Gleichgewichtes und der Bewegung auf sehr complicirte Weise, durch Zusammenwirkung sehr mannigfaltiger Empfindungen zu Stande kommt.

---

[1] Da dies Gefühl des Fortfliegens abnimmt und später durch die Verzögerung der Rotation ein Drehgefühl hinzutritt, so hat es den Anschein, als ob die Bewegung mit einer Spirale schliessen würde.

Haben auch alle Theile des Körpers eine gewisse Empfindlichkeit für Bewegungen und mag sich auch hierauf die Wahrnehmung der Bewegung auf der tiefsten Stufe der Organisation gründen, so reicht doch diese Art der Bewegungsempfindlichkeit kaum aus, um den Forderungen einer höheren Organisationsstufe zu genügen.[1] Solche Bewegungsempfindungen wären auch mitunter von sehr zweifelhafter Natur. Von der Hautempfindung abgesehen, würde z. B. ein beschleunigender Druck von hinten dieselben Pressungen und Empfindungen hervorrufen, wie ein verzögernder Druck von vorn.

Nach den seit Flourens bekannt gewordenen Thatsachen hat im Gegentheil die Annahme einer geringen Anzahl von bestimmten, besonders construirten Organen für die Gleichgewichtsempfindung Aussicht sich mehr Geltung zu verschaffen.

Für die Existenz solcher Organe sprechen auch die pathologischen Beobachtungen von Menière, welcher die eigenthümlichen Formen von Schwerhörigkeit mit Ohrensausen, Erbrechen, Schwindel und Drehbewegungen studirt und als Ursache derselben Exsudat in den Bogengängen nachgewiesen hat. (Vergl. v. Tröltsch's Ohrenheilkunde. 5. Auflage 1873, S. 489.)

Die durch die Reizung dieser Organe erregten Vorgänge werden sich wohl in die centralen Theile des Nervensystems fortsetzen und können dort auch entweder künstlich oder durch pathologische Zustände direct erregt werden. Ein Beispiel hiefür ist der von Brücke (Physiologie S. 59) erwähnte Fall einer Kranken bei Türk, welche das Gefühl hatte, als ob das Bett aufgehoben und umgedreht würde und die sich mit Angst nach

---

[1] Dass Muskelanstrengungen bei Beurtheilung des Gleichgewichtes und der Bewegung eine Rolle spielen, ist nicht unwahrscheinlich, obwohl diese Rolle schwerlich die Hauptrolle ist. Eine wohl allgemein bekannte Erscheinung mag dies illustriren. Wenn man 4—5 Pfund Quecksilber aus einem Becherglas in 4—5 Secunden gleichmässig ausgiesst, hat man das Gefühl, als würde der betreffende Arm mit Gewalt gehoben. — Ob solche Muskelempfindungen zur Erklärung des Drehschwindels ausreichen, könnte vielleicht das Benehmen eines enthaupteten Frosches auf der Centrifugalmaschine lehren. Schwer wird man aber bei Erklärung der Bewegungsgefühle aus Haut- oder Muskelaffectionen über die Gefühle im Kopfe, über den enormen Einfluss der Kopfstellung und über den Flourens'schen Versuch wegkommen.

der entgegengesetzten Seite wälzte. Dass Kranke bei Kleinhirndegenerationen meinen, sich constant vor- oder rückwärts bewegen zu müssen, um nicht zu fallen, führt Brücke ebenfalls an.

Die Manègebewegungen der Thiere nach Verletzung der Seehügel (Wundt, physiologische Psychologie S. 169), sowie das Vor- und Rückwärtsfallen derselben nach Durchschneidung der vorderen oder hinteren Gegend des Wurmes (Wundt a. a. O., S. 207), endlich die von Magendie, Schiff und Mitschell beobachtete rastlose Vorwärtsbewegung nach Verletzung der Streifenhügel [1], gegen deren Auffassung freilich Bedenken laut geworden sind, alle diese Erscheinungen sprechen dafür, dass Bewegungsgefühle verschiedener Art auch direct in den Centralorganen erregt werden können.

Die Function des Labyrinthes als Gleichgewichtsorgan wird noch wahrscheinlicher, wenn man berücksichtigt, dass die Schwimmblase der Fische, welche entschieden ein Gleichgewichtsorgan ist, direct durch die sogenannten Gehörknöchelchen auf den Labyrintinhalt wirkt. Kann man daraus, dass Schwimmblase und Trommelhöhle sich morphologisch entsprechen, vermuthen, dass die Schwimmblase auch eine akustische Function hat, so liegen auch aus demselben Grunde die Annahmen nahe, dass die Muskeln der Trommelhöhle keine akustische Function haben, dass sie etwa die Lüftung der Trommelhöhle zu besorgen haben und dass das Labyrinth zum Theil ein Gleichgewichtsorgan sei.

In der vorigen Mittheilung wurden für die Empfindung der Progressivbeschleunigung und der Lage zusammen andere Nerven angenommen wie für die Empfindung der Winkelbeschleunigung. Ferner habe ich es für möglich gehalten, dass dem doppelten Sinne, den das Drehungsmoment eines Bogenganges annehmen kann, auch die Reizung zweier verschiedener Nerven entspricht. Diese letztere Annahme kann man nun, wie ich glaube, fallen lassen. Die Gründe dafür findet man in der folgenden Betrachtung, welche ich nicht für eine physiologische Theorie ausgeben will.

[1] Henle, Nervenlehre 1871. S. 304.

Denken wir uns eine mit Nervenenden ausgekleidete Höhle. Jede Beschleunigung des Körpers, der den Hohlraum enthält, nach einer Richtung bringt eine Gegenbeschleunigung des Inhalts der Höhle und Druck desselben gegen eine Seite der Höhlenwand hervor. Der variable Ort und die variable Grösse des Druckes wird zu einem Zeichen für die Bewegung.

Die Schwere für sich allein bewirkt auch schon einen einseitigen Druck des Inhaltes der Höhle auf die Höhlenwand. Mit der Lage ändert sich blos der Ort des Druckes als Zeichen dieser Lage. Bei Verticalbeschleunigungen kann sich nur die Grösse dieses Druckes ändern. Wir werden also den normalen Schwerdruck des Labyrinthinhaltes als Ruhe, einen kleineren als Sinken, einen grösseren als Steigen empfinden. Kaum wird man daran denken wollen, dass gerade der normale Schweredruck die Empfindung der Ruhe vermöge einer besonderen Organisation mit Nothwendigkeit auslösen muss. Es wird dies vielmehr von der Association, von der Gewohnheit abhängen. Wenn wir unter eine andere Schwerebeschleunigung gesetzt würden, möchten wir nach einiger Zeit wohl diese als Ruhe empfinden. In der That kann man auch beobachten, dass constante kleine Beschleunigungen bald nicht mehr empfunden werden. An grössere Beschleunigungen gewöhnt man sich langsamer.

Wenn nun hier für den grösseren Druck keine anderen Nerven angenommen werden müssen, wie für den kleineren, so wird es auch nicht nöthig sein, zwei Nerven in jeder Ampulle für den doppelten Drehungssinn anzunehmen. Setzen wir einen gewissen Spannungszustand in der Ampulle voraus, so kann dieser bei einem Drehungssinn vermindert, bei dem anderen vermehrt werden. Die Erklärung der doppelten Drehempfindung ist dann hier dieselbe wie dort jene der Empfindung des Sinkens und Steigens. Diese Auffassung wird gestützt durch die Bemerkung, dass man durch Gewohnheit gegen manche Progressiv- und Winkelbeschleunigungen weniger empfindlich wird wie gegen andere. Man denke an die Empfindlichkeit mancher Personen gegen das Rückwärtsfahren, an die Empfindlichkeit gegen das Verkehrttanzen, an die habituellen Manègebewegun-

gen der Pferde, welche lange in einer Mühle gearbeitet haben[1] u. s. w.

Ein solcher Labyrinthdruck löst die Empfindung einer Progressivbewegung oder Drehung, also eine Folge von Lagenempfindungen aus. Durch welche physiologische Processe auch die Lagenempfindungen bedingt sein mögen, immerhin ist die Auslösung einer solchen Reihe merkwürdig. Das einzige Bild, welches ich dafür habe, ist das Ablaufen von Reproductionsreihen im Gedächtniss, wenn das erste Vorstellungsglied erregt wird. Wir haben vielleicht im Labyrinth das Endglied einer Kette von Organen und Processen, die der Reihe nach in Function treten, wenn an dem Endglied gerührt wird. Dass diese Processe auch in den Centralorganen erregt werden können und dort vielleicht ihr eigentlicher Herd ist, dafür sprechen die Versuche von Hitzig.

In der Hand des Clavierspielers können auch ganze Reihen ablaufen. Die complicirten Reflexbewegungen enthirnter Thiere, das Abwischen der Säure bei Fröschen, das Trinken enthirnter Tauben, wenn man sie mit den Füssen in kalte Flüssigkeiten setzt (was ich bei Rollett gesehen habe), sind ähnliche Dinge. Im Grunde müssen doch die Gesetze des Vorstellungsverlaufes überall im Nervensystem gelten. Eine Schwierigkeit liegt darin, dass die Reihe der Lagenempfindungen nach zwei Richtungen und je nach der Grösse des Reizes mit so verschiedener Geschwindigkeit ablaufen kann.

Dass Reihen von Lagenempfindungen nicht nur im Individuum, sondern in allen vorangegangenen Generationen immer in fast gleicher Weise verknüpft waren, möchte diesen Zusammenhang befestigt haben.

Ist bei einer kurz dauernden Erregung p der variable Druck, den das Labyrinthorgan erfährt, und t die Zeit, so wird nach der Auffassung der vorigen Mittheilung die Empfindung einer Bewegung von der Geschwindigkeit v erregt, welche durch die Gleichung $r = k\int pdt$ bestimmt ist, wobei k eine Constante und r sowohl eine Progressiv- als auch eine Winkel-

[1] Die beiden letzten Beobachtungen hat mir Herr Dr. Dvořák mitgetheilt

geschwindigkeit vorstellen kann. Es verhält sich hier ganz so wie mit der Bewegungsgrösse, welche einer Masse durch einen variablen Druck oder einer Magnetnadel durch einen Inductionsstoss ertheilt wird. Ein solches Verhältniss ist teleologisch gefordert, wenn die Thiere ihr Raumorgan etwa zur Abmessung eines Sprunges, bei welchem ja auch die Bewegungsgrösse massgebend ist, sollen verwenden können.

Es wird dem Organ durch die Folge der Einwirkungen eine gewisse Grösse der Veränderung beigebracht, welche für die Empfindung bestimmend ist, die in dem Masse abnimmt, als das Organ seinen ursprünglichen Zustand wieder herstellt. Traut man dem Organ eine gewisse Selbstbestimmung zu, vermöge welcher es der ihm auferlegten Arbeit zu entfliehen sucht, so möchte darin die Adaption ihren Grund haben.

Schliesslich will ich noch eine eigenthümliche Erscheinung erwähnen, welche vielleicht nicht unwichtig ist. Es hat sich bei den beschriebenen Versuchen wiederholt gezeigt, dass ein Ekelgefühl sich hauptsächlich dann einstellte, wenn es schwer war, die Bewegungsempfindungen mit den optischen Eindrücken in Einklang zu bringen. Es sah so aus, als ob ein Theil des vom Labyrinth ausgehenden Reizes gezwungen worden wäre, die optischen Bahnen, die ihm durch einen anderen Reiz verschlossen waren, zu verlassen und ganz andere Bahnen einzuschlagen.

Vor Jahren schon, bei Gelegenheit optischer Versuche, bin ich zu einer ähnlichen, allerdings noch sehr unvollkommenen Vorstellung gedrängt worden. Es schien mir nämlich, als ob vermöge der Unvereinbarkeit der beiden Netzhautbilder ein Theil des optischen Reizes in andere Bahnen abfliessen würde, welchen wir dann als ein eigenes Merkmal des Geschehenen betrachten lernen und den wir mit Hering Tiefenempfindung nennen wollen.

5.

Ich erlaube mir hier nachträglich ein Experiment zu beschreiben, welches zu der von Hitzig beschriebenen Erscheinung offenbar in naher Beziehung steht. Vor etwa zwei Jahren erzählte der Laborant des Institutes, er habe bei einem Escamoteur Betäubung von Fischen durch den elektrischen Strom gesehen. Ich wiederholte das Experiment sofort mit Herrn Dr.

Kessel an mehreren Fischen, indem der ganze Wasserbehälter in den Ruhmkorff'schen Apparat eingeschaltet wurde. Wirklich legten sich die Fische nach wenigen Schlägen auf den Rücken, bekamen meist Tetanus und erholten sich nach einiger Zeit wieder. Anfangs schien es, als ob die Fische in einem durch die Lage der Ruhmkorff-Pole bestimmten Sinne sich umlegen würden. Da sich aber dies nicht constant zeigte und die Sache zudem in viele Fragen der Nervenphysiologie einzugreifen schien, wurden die Experimente wieder aufgegeben.

Vor einigen Tagen erhielt ich nun an kleinen Exemplaren von *Cobitis barbatula* L. bei Anwendung des constanten Stromes sehr gleichförmige Resultate. Die etwa 7 Cm. langen Fische befinden sich in einem kleinen Glasgefäss, dessen Wasser eine Spur Kochsalz enthält. Sofort beim Durchleiten des Stromes durch den Kopf mit Hilfe zweier Platinplatten werden die Fische sehr ruhig und legen sich auf den Rücken, indem der Rücken constant gegen den Zinkpol der angewandten (aus sechs Elementen hintereinander bestehenden) Smee'schen Batterie umsinkt. Sofort nach Unterbrechung des Stromes befinden sich die Fische wieder wohl und munter. Nach mehrmaliger Wiederholung des Experimentes zeigen sie jedoch später spontan Schwindelerscheinungen und gehen zu Grunde. Folgerungen kann ich aus diesem immerhin complicirten Experiment nicht ziehen, glaube aber, dass die Erwähnung desselben nicht ganz unnütz sein wird.

DER

CHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE CLASSE.

LXIX. Band.

ZWEITE ABTHEILUNG.

2.

Die Abhandlungen aus dem Gebiete der Mathematik, Physik, Chemie, Mechanik, Meteorologie und Astronomie.

IV. SITZUNG VOM 5. FEBRUAR 1874.

Der Secretär legt folgende eingesendete Abhandlungen vor:

„Beiträge zur Feststellung der Lagerungsformel der Allylverbindungen und der Acrylsäure.“ II.—IV. Abthlg., vom Herrn Prof. Dr. Ed. Linnemann in Brünn.

„Mineralogische Mittheilungen.“ V., vom Herrn Oberbergrathe und Professor Dr. V. Ritter v. Zepharovich in Prag.

„Bemerkung zur specifischen Wärme des Kohlenstoffes“, vom Herrn Capitular, Prof. Karl Puschl in Seitenstetten.

Herr Friedr. Wilh. Hermann Krause, Mechaniker in Wien, hinterlegt ein versiegeltes Packet zur Wahrung seiner Priorität.

Herr Prof. Dr. V. v. Lang legt die VII. Reihe der „Krystallographisch-chemischen Untersuchungen“ vom Herrn Dr. Haldor Topsöe in Kopenhagen vor.

Herr J. Puluj überreicht eine Abhandlung, betitelt: „Die Reibungsconstante der Luft als Function der Temperatur.“

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Akademie der Wissenschaften, Königl. Preuss., zu Berlin: Monatsbericht. November 1873. Berlin; 8°.

— — Königl. Bayer., zu München: Abhandlungen der historischen Classe. XII. Bandes I. Abthlg.; Abhandlungen der philos.-philolog. Classe. XIII. Bandes 1. Abthlg.; Abhandlungen der mathem.-physikal. Classe. XI. Bandes 2. Abthlg. (Nebst den betreffenden Separat-Abdrücken). München, 1873; 4°.

Apotheker-Verein, Allgem. österr.: Zeitschrift (nebst Anzeigen-Blatt). 12. Jahrgang. Nr. 3—4. Wien, 1874; 8°.

Astronomische Nachrichten. Nr. 1972 (Bd. 83. 4.) Kiel, 1874; 4°.

Ateneo Veneto: Atti. Serie II. Vol. XI. Punt. I. Venezia, 1873; 8°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Tome LXXVIII, Nrs. 2—3. Paris, 1874; 4°.

Gesellschaft der Wissenschaften, k. böhm., zu Prag: Sitzungsberichte. Nr. 7. 1873. Prag; 8°.

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Wochenschrift. XXXV. Jahrgang, Nr. 4—5. Wien, 1874; 4°.

Horsford, E. N., Report on an Investigation of the Sources of the Offensive Odors etc. Cambridge, 1873; 8°.

Institut National Genevois: Bulletin. Tome XVIII. Genève, 1873; 8°.

Istituto, R., Veneto di Scienze, Lettere ed Arti: Atti. Tomo II°. Serie IV^a, disp. 9^a—10^a; Tomo III°, Serie IV^a, disp. 1^a. Venezia, 1872—73 & 1873—74; 8°.

Jahresbericht des k. k. Ministeriums für Cultus und Unterricht für 1873. Wien, 1874; 4°.

Journal für praktische Chemie, von H. Kolbe. N. F. Band VIII, 6. & 7. Heft. Leipzig, 1873; 8°.

Landbote, Der steirische. 7. Jahrgang, Nr. 2. Graz, 1874; 4°.

Madrid, Universität: Revista. 2^a Época. Tomo I. Nr. 1—4, 6; Tomo II. Nr. 1—2. Madrid, 1873; gr. 8°.

Nature. Nrs. 221—222, Vol. IX. London, 1874; 4°.

Protokolle der Verhandlungen der permanenten Commission für Europäische Gradmessung vom 16. bis 22. September 1873 in Wien. (Als Manuscript gedruckt.) 4°.

Pellarin, Charles, Le Choléra comment il se propage et comment l'éviter, solution trouvée et publiée en 1849. Paris, 1873; 8°.

Reichsforstverein, österr.: Österr. Monatsschrift für Forstwesen. XXIV. Band. Jahrgang 1874, Februar—März-Heft. Wien; 8°.

Revista de Portugal e Brazil. Nr. 8. Janero de 1874. Lisboa; 4°.

„Revue politique et littéraire" et „Revue scientifique de la France et de l'étranger." IIIe Année, 2me Série, Nrs. 30—31. Paris, 1874; 4°.

Riccardi, P., Biblioteca matematica Italiana. Fasc. 1°. (Vol. II.) Modena, 1873; 4°.

Society, The Royal Astronomical: Monthly Notices. Vol. XXXIV, Nr. 2. London, 1873; 8°.

Society, The Royal Geographical: Proceedings. Vol. XVIII, Nr. 1. London, 1874; 8°.

Vierteljahresschrift, österr., für wissenschaftliche Veterinärkunde. XLI. Band, 1. Heft. Wien, 1874; 8°.

Wiener Medizin. Wochenschrift. XXIV. Jahrgang, Nr. 4—5. Wien, 1874; 4°.

Zeitschrift des österr. Ingenieur- & Architekten-Vereins. XXVI. Jahrgang, 1. Heft. Wien, 1874; 4°.

Bemerkung zur specifischen Wärme des Kohlenstoffs.

Von **Karl Puschl.**

Der Diamant besitzt neben der von Fizeau entdeckten Anomalie seiner thermischen Ausdehnung noch zwei andere Eigenthümlichkeiten, welche diese Substanz als eine höchst merkwürdige Ausnahme vom thermischen Verhalten anderer fester Elementarstoffe erscheinen lassen: seine specifische Wärme ist bei den gewöhnlichen Temperaturen so klein, dass von einer Giltigkeit des Gesetzes von Dulong und Petit für denselben gar nicht die Rede sein kann, und sie nimmt bei steigender Temperatur ausserordentlich rasch zu, wodurch sie vielleicht bei einer gewissen, sehr hohen Temperatur ihrem theoretischen Werthe wirklich nahe kommt[1].

Nach der herrschenden Vorstellung besteht die Wärme, welche ein Körper bei einer gewissen Temperatur als solche enthält, in Bewegungen seiner Atome und es ist die Summe der lebendigen Kräfte dieser Bewegungen seiner vom absoluten Nullpunkte gezählten Temperatur proportional. Hiernach ist, wenn ein Körper in der Gewichtseinheit bei der absoluten Temperatur t die Wärmemenge w enthält, das Verhältniss $\frac{w}{t} = c$ eine constante Grösse, welche mit dem entsprechenden Äquivalent-

---

[1] H. F. Weber (Poggendorff's Annalen Bd. 147, S. 317) gibt nämlich als Resultat seiner experimentellen Bestimmungen für die specifische Wärme des Diamants die Formel:

$$0{,}0947+0{,}000994t-0{,}00000036t^2,$$

die Temperatur t vom Gefrierpunkte des Wassers in Centesimal-Graden gezählt. Hiernach ist bei 0° C die specifische Wärme desselben $=0{,}0947$ (wogegen das Dulong-Petit'sche Gesetz etwa 0,52 fordert) und bei tiefer sinkender Temperatur eilt sie noch viel kleineren Werthen zu.

gewichte der Theorie zufolge ein für alle Grundstoffe gleiches Product geben soll. Würde ferner eine dem Körper zugeführte sehr kleine Wärmemenge dw blos dazu verwendet, die lebendigen Kräfte seiner Atome zu vermehren und demgemäss seine Temperatur um dt zu erhöhen, so wäre, weil $\frac{dw}{dt} = c$, seine specifische Wärme oder die zur Erhöhung seiner Temperatur um 1° C. nöthige Wärmemenge ebenfalls constant und aus der erwähnten Hypothese theoretisch bestimmbar. In Wirklichkeit aber wird die einem Körper zugeführte Wärmemenge nicht blos zur Erhöhung seiner Temperatur verwendet, sondern die Wärme leistet dabei auch, indem sie die Körper in der Regel ausdehnt, durch Fortschiebung des entsprechenden äusseren und inneren Widerstandes eine gewisse Arbeit, bei welcher eine äquivalente Wärmemenge als solche verschwindet; auch scheint es möglich, dass die Atome eines Körpers bei Veränderung der Temperatur eine Modification ihrer Structur erfahren, wobei ebenfalls Wärme entweder gebunden oder frei werden kann. Aus diesen beiden Ursachen kann die experimentelle von der wahren specifischen Wärme und von der Constanz abweichen. Was nun zunächst die zur Volumvermehrung nöthige Wärmemenge anlangt, so ist dieselbe für die festen Körper, wie auf Grund ihrer mechanischen Ausdehnung schon mehrseits gezeigt wurde, im Allgemeinen sehr unbedeutend, und namentlich bei dem Diamant, dessen thermische Ausdehnung bei den gewöhnlichen Temperaturen äusserst gering ist, kann man dazu durchaus keine merkliche Wärmearbeit in Anspruch nehmen; auch könnte so blos eine Zunahme der specifischen Wärme mit der Temperatur, aber nicht eine negative Abweichung derselben von ihrem theoretischen Werthe erklärt werden. Es bliebe also nur übrig sich vorzustellen, dass die Atome des Diamants bei fortschreitender Temperaturerhöhung allmälig modificirt werden, und man müsste annehmen, dass derselbe bei niedriger Temperatur einen gewissen Vorrath gebundener Wärme enthalte, welche, durch Erhöhung seiner Temperatur sich nach und nach in freie Wärme verwandelnd, als solche ebenfalls zur Erwärmung des Körpers beitragen und daher um ihren eigenen Betrag den sonst nöthigen Wärmezufluss vermindern, somit die specifische Wärme des Körpers verkleinern würde. Die

Atome des Diamants wären hiernach durch Wärmeeinfluss veränderlicher als die Atome aller anderen Körper, und diese so ausserordentlich veränderlichen Atome würden einen durch Wärmeeinfluss in seinen sichtbaren Eigenschaften fast unveränderlichen Körper bilden. Dies ist wenig plausibel, denn gewiss würde eine solche Veränderlichkeit der Atome sich vorzüglich in dem so leicht gestörten Verhalten zum Lichte manifestiren, während doch der Diamant seine ausgezeichneten optischen Eigenschaften noch bei der Temperatur besitzt, wo er in Berührung mit der Luft an seiner Oberfläche verbrennt. Eher scheint es, dass das exceptionelle Verhalten der specifischen Wärme des Diamants einen Mangel in der jener Erklärung zu Grunde liegenden Wärmetheorie andeutet, und es könnte demnach dieser merkwürdige Stoff ein Prüfstein des Werthes der die Körperwärme betreffenden Vorstellungen werden.

Ich habe schon vor längerer Zeit eine von der gewöhnlichen wesentlich abweichende Wärmetheorie aufgestellt[1]. Nach derselben besitzt jeder Körper, seine Atome als ruhend gedacht, noch eine gewisse Summe lebendiger Kräfte im Bewegungszustande des zwischen seinen Atomen vorhandenen Aethers, also in der zwischen seinen Atomen angesammelten, von deren Oberflächen gegenseitig hin und her geworfenen Strahlenmenge. Diese, gegen welche die Summe der lebendigen Kräfte der gleichfalls bewegten Atome in einem starren Körper stets nur klein ist, bestimmt allein die Temperatur desselben. Demnach ist die Temperaturwärme eines Körpers jene Wärmemenge, welche er bei der nämlichen Temperatur auch dann besässe, wenn seine Atome vollkommen unbeweglich und unveränderlich wären, und seine wahre specifische Wärme ist diejenige, welche er zeigen würde, wenn eine Wärmezufuhr blos seine innere Strahlenmenge vermehrte, den wirklichen Zustand seiner Atome aber in jeder Hinsicht ungeändert liesse[2]. Ohne auf die weit reichenden Consequenzen

[1] Sitzungsberichte der k. Akademie der Wissenschaften, Juni 1870.

[2] Man könnte diese Theorie der Körperwärme, im Gegensatz zu der gewöhnlichen kinetischen, als aktinische bezeichnen. Der möglichen Einwendung, dass man der Äthermenge eines Körpers bei ihrer geringen Dichtigkeit keine merkliche lebendige Kraft zuschreiben dürfe, halte ich entgegen, dass die Dichtigkeit des Äthers noch vollkommen unbekannt

dieser Hypothese näher einzugehen, ersieht man sogleich, dass die bei einer bestimmten Temperatur in jedem Körper angesammelte Strahlenmenge von der Opacität seiner Atome für die entsprechenden Strahlengattungen abhängt. Verschiedene Körper werden also bezüglich ihrer wahren Wärmemengen bei der nämlichen Temperatur nur dann unter gleichen Bedingungen stehen, wenn die Atome eines jeden für die innere Strahlung in gleichem Grade opak sind. Für die Atome der Metalle ist dieses wirklich der Fall; sie sind, wie es scheint, für alle bei den gewöhnlichen Temperaturen vorkommenden Wärmegattungen nahezu vollkommen opak, und diesem gleichen Verhalten ihrer Atome gegen alle Wärmegattungen ist es nach unserer Hypothese zuzuschreiben, dass die Metalle mit ihren specifischen Wärmen jene auffallende Uebereinstimmung zeigen, welche man das Dulong-Petit'sche Gesetz nennt.

Es gebe nun einen Körper, welcher für seine innere Strahlung weniger opak (oder mehr transparent) sei, als es die Metalle sind, so wird derselbe bei der nämlichen Temperatur nur eine kleinere Strahlenmenge zwischen seinen Atomen ansammeln können. Hätte er in dem Falle, dass seine Atome vollkommen opak wären, die wahre specifische Wärme c, und bedeutet β den wirklichen Opacitätscoëfficienten der letzteren (d. h. jenen Theil einer Strahlenmenge $= 1$, welcher von der Oberfläche eines davon getroffenen Atoms zurückgeworfen wird, während der andere durchgeht), so ist in Wirklichkeit die wahre specifische Wärme dieses Körpers $= \beta c$ und seine Temperaturwärme $= \beta c t$, unter t seine absolute Temperatur verstanden. Da der Coëfficient β jedes zwischen 0 und 1 liegenden Werthes fähig ist, so folgt, dass die specifische Wärme eines solchen Körpers mit derjenigen eines Metalls verglichen, in einem ganz beliebigen Grade zu klein sein

---

ist und dass die Oscillationsgeschwindigkeit desselben innerhalb der Körper möglicherweise eine ungemein grosse sein kann. Denkt man sich einen Körper während einer Secunde von der Sonne beschienen und alle ihn treffenden Strahlen absorbirt, so ergibt sich bei der Annahme, dass die wägbaren Atome nicht merklich erregt würden, die enorme Verdichtung der vom Körper aufgefangenen Strahlenmenge aus dem Verhältnisse seines absorbirenden Volumens zu demjenigen des während jener Zeit eingedrungenen, 294000 Kilometer langen Strahlenbündels.

und daher in diesem Sinne vom Dulong-Petit'schen Gesetze beliebig weit abweichen kann.

Mit der Temperatur ändert sich im Allgemeinen auch die Zusammensetzung der dabei vorkommenden Strahlung. Es kann daher sein, dass ein Körper für seine innere Strahlung bei höheren Temperaturen mehr opak ist, als bei niedrigen. In diesem Falle würde der Opacitätscoëfficient β seiner Atome mit steigender Temperatur zunehmen, also dem entsprechend die specifische Wärme βc des Körpers mit der Temperatur wachsen und sich ihrem theoretischen Werthe c nähern.

Aus dem Gesagten ergibt sich, dass wir dem Diamant zur Erklärung des Verhaltens seiner specifischen Wärme folgende zwei Eigenschaften zuschreiben müssen: 1. Der Diamant ist für seine innere Strahlung bei gewöhnlicher Temperatur in viel geringerem Grade opak als ein Metall; 2. er ist für seine innere Strahlung desto mehr opak, je höher die Temperatur ist. Man hat offenbar nicht nöthig anzunehmen, dass die Beschaffenheit der Atome des Diamants sich mit steigender Temperatur erheblich verändere oder dass sie durch Temperaturwechsel veränderlicher seien als die Atome anderer Körper.

Dieser Erklärung gemäss glaube ich schliessen zu dürfen, dass der Diamant von dunkler Wärme desto reichlicher durchstrahlt wird, je niedriger die Temperatur ihrer Quelle ist, mit anderen Worten, dass seine Opacität für dunkle Wärme mit der Temperatur ihrer Quelle zunimmt. Natürlich müsste die Eigenschaft, welche ich hiermit dem Diamant vindicire, aus dem gleichen Grunde[1] auch den übrigen Modificationen des reinen Kohlenstoffs zukommen, mit dem Unterschiede, dass die Opacität des durchsichtigen Diamants für eine gewisse noch dunkle Wärmegattung ein Maximum haben muss, welches bei den undurchsichtigen Kohlenstoffarten nicht zu erwarten steht. Demnach wäre die Anomalie der specifischen Wärme des Kohlenstoffs die Folge eines nicht minder anomalen Verhaltens desselben gegen strahlende Wärme. Die experimentelle Bestätigung eines so theoretisch vermutheten Zusammenhanges zwischen der Grösse der specifi-

[1] S. Weber's erwähnte Abhandlung a. a. O. S. 318.

schen Wärme und dem Grade der thermischen Opacität eines Körpers wäre der aufgestellten Hypothese gewiss sehr günstig, und es ist Zweck dieser Zeilen, jene Physiker, welchen der hier in Kürze entwickelte Gedanke der Beachtung werth schiene und die zugleich in der Lage wären, solche Versuche mit diesem Materiale anstellen zu können, zur Untersuchung des Diamants und überhaupt des Kohlenstoffs bezüglich seiner Durchstrahlbarkeit für verschiedene Wärmegattungen zu veranlassen. Schon gegenwärtig erscheint mir in dieser Hinsicht als vielversprechend die von Melloni und Forbes gefundene Thatsache, dass[1] berusstes Steinsalz von der Wärme in desto höherem Grade durchstrahlt wird, je niedriger die Temperatur ihrer Quellen ist.

---

[1] Siehe Fortschritte der Physik, Bd. 2, S. 284.

V. SITZUNG VOM 12. FEBRUAR 1874.

Der Secretär liest eine Zuschrift des k. & k. Ministeriums des Äussern vom 4. Februar, wodurch die Akademie in Kenntniss gesetzt wird, dass dem von ihr unter dem 23. Jänner gestellten Ansuchen entsprechend, der k. & k. Gesandte Graf Wimpffen in Rom bei der k. italienischen Regierung die nöthigen Schritte eingeleitet hat, damit dem mit der geologischen Durchforschung der Ostküste Italiens betrauten Custos Th. Fuchs und seinem Assistenten A. Bittner bei ihren Forschungen der möglichste Vorschub zu Theil werde.

Derselbe legt ferner folgende eingesendete Abhandlungen vor:

„Über androgyne Missbildung bei Cladoceren", vom Herrn Wilh. Kurz, Realschul-Professor in Deutschbrod, eingesendet vom Herrn Regierungsrathe Dr. Friedr. Stein in Prag.

„Über die Leitung des Schalles in Gasen", vom Herrn Dr. V. Dvořák, eingesendet durch Herrn Regierungsrath Dr. E. Mach in Prag.

„Die Geometrie auf Flächen constanter negativer Krümmung," vom Herrn Dr. Gustav v. Escherich, Assistenten für Physik am Polytechnikum in Graz.

„Zur Kenntniss des Wachsthums von *Fissidens*" vom Herrn Prof. Dr. Hubert Leitgeb in Graz.

Herr Director Dr. Jos. Stefan überreicht eine Abhandlung: „Zur Theorie der magnetischen Kräfte."

An Druckschriften wurden vorgelegt:

American Chemist. Vol. IV, Nr. 7. Philadelphia, 1874; 4°.

Annalen (Justus Liebig's) der Chemie und Pharmacie. N. R. Band 94, Heft 3. Leipzig & Heidelberg. 1873; 8°.

Astronomische Nachrichten. Nr. 1973 (Bd. 83. 5.) Kiel, 1874; 4°.

Bibliothèque Universelle et Revue Suisse: Archives des Sciences physiques et naturelles. N. P. Tome XLVIIIe, Nr. 192. Genève, Lausanne, Paris, 1873; 8°.

Commission de météorologie de Lyon: Observations météorologiques faites à l'Observatoire de Lyon du 1er Décembre 1870 au 1er Décembre 1871. (1871.) 28e Année. 8°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Tome LXXVIII, Nr. 4. Paris, 1874; 4°.

Genootschap, Bataviaasch, van Kunsten en Wetenschappen: Tijdschrift. Deel XX (Zevende Serie. Deel I.) Aflev. 4—6. Batavia, 's Hage, 1872 & 1873; 8°. — Notulen. Deel X. 1872, Nr. 4; Deel XI. 1873, Nr. 1. Batavia, 1873; 8°. — Alphabetische lijst van land- zee- rivier- wind- storm- en andere Kaarten. Batavia, 'S Hage, 1873; 8°.

Geschichte der Wissenschaften in Deutschland. Neuere Zeit. X. Band. 2. & 3. Abthlg. Entwickelung der Chemie von Hermann Kopp. 2. & 3. Abthlg. München, 1873; 8°.

Gesellschaft, Schlesische, für vaterländische Cultur: Abhandlungen der philos.-histor. Abtheilung 1872/73; Abhandlungen für Naturwissenschaften und Medicin. 1872/73. Breslau, 1873; 8°. — L. Jahres-Bericht. Breslau, 1873; 8°. — österr., für Meteorologie: Zeitschrift. IX. Band, Nr. 3. Wien, 1874; 4°.

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Wochenschrift. XXXV. Jahrgang. Nr. 6. Wien, 1874; 4°.

Gyldén, Hugo, Ableitung der Declinationen aus den am Verticalkreise der Pulkowaer Sternwarte in den Jahren 1842—1849 angestellten Beobachtungen etc. St. Petersburg, 1873; 4°.

Institut, Koninkl., voor de taal-, land- en volkenkunde von Nederlandsch-Indië: Bijdragen. III. Volgreeks. VIII. Deel. 2. Stuk. 'S Gravenhage, 1873; 8°.

Landbote, Der steirische. 7. Jahrgang, Nr. 3. Graz, 1874; 4°.

Landwirthschafts-Gesellschaft, k. k., in Wien: Verhandlungen und Mittheilungen. Jahrgang 1874, Nr. 1. Wien; 4°.

Mittheilungen des k. k. techn. & administr. Militär-Comité. Jahrgang 1874, 1. Heft. Wien; 8°.

Nature. Nr. 223, Vol. IX. London, 1874; 4°.

Reichsanstalt, k. k. geologische: Abhandlungen. Band V, Heft Nr. 6. Wien, 1873; Folio. — Jahrbuch. Jahrgang 1873. XXIII. Band, Nr. 4. Wien; 4°. — Verhandlungen. Jahrgang 1873, Nr. 17 & 18; Jahrgang 1874, Nr. 1 & 2. Wien; 4°. — Catalog der Ausstellungs-Gegenstände bei der Wiener Weltausstellung 1873. Wien; 8°. — Erläuterungen zur geologischen Karte der Umgebung Wiens. Von Th. Fuchs. Wien, 1873; 8°.

„Revue politique et littéraire" et „Revue scientifique de la France et de l'étranger." IIIe Année, 2e Série, Nr. 32. Paris, 1874; 4°.

Società degli Spettroscopisti Italiani: Memorie. 1873, Disp. 9^a—10^a. Palermo; 4°.

Société Impériale des Naturalistes de Moscou: Bulletin. Année 1873. Nr. 3. Moscou, 1874; 8°.

Society, The Geological, of Glasgow: Transactions. Palaeontological Series, Part I. Glasgow; 4°.

Topsöe, Haldor, & C. Christiansen, Recherches optiques sur quelques séries de substances isomorphes. Paris, 1874; 8°.

Verein, Entomologischer, in Berlin: Berliner Entomologische Zeitschrift. XVII. Jahrgang (1873), 1. & 2. Vierteljahrsheft. Berlin; 8°.

Walker, J. T. Account of the Operations of the Great Trigonometrical Survey of India. Vol. I. The Standards of Measure and the Base-Lines. Dehra Doon, 1870; 4°.

Wiener Medizin. Wochenschrift. XXIV. Jahrgang, Nr. 6. Wien, 1874; 4°.

Über die Leitung des Schalles in Gasen.

Von Dr. V. Dvořák.

(Mit 4 Holzschnitten.)

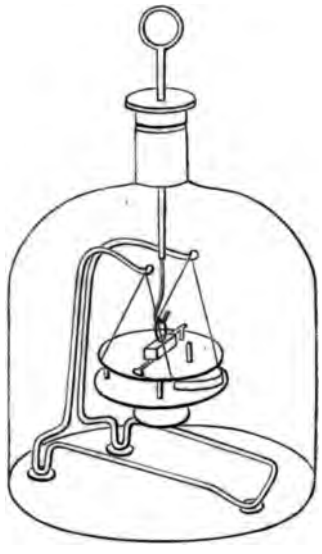
Leslie[1] hat, wie Reitlinger in der interessanten Arbeit über „Schichtung durch Entladungsschläge der Leidner Batterie“[2] bemerkt, ein eigenthümliches Verhalten des Wasserstoffes entdeckt. Er brachte nämlich ein kleines Uhrwerk, durch welches eine Glocke jede halbe Minute angeschlagen wurde, unter den Recipienten der Luftpumpe. Die Luft wurde nach Verdünnung auf $\frac{1}{100}$ Atmosphäre durch Wasserstoff ersetzt, ohne dass die Glocke hörbarer wurde. Wenn aber nur die Hälfte der Luft ausgepumpt worden war und Wasserstoff den äussern Barometerstand herstellte, so wurde der Ton der Glocke durch das nachströmende Wasserstoffgas, statt stärker zu werden, bis zur Unhörbarkeit geschwächt. Reitlinger bemerkt hiezu: „es wird dies aus der schwachen Fortpflanzung des Tones in Wasserstoffgas leicht begreiflich, wenn man sich das Wasserstoffgas in Schichten zwischen die Luft gelagert denkt“. Die Schichtung des Wasserstoffes im Recipienten (und auch die Schichtung des elektrischen Lichtes in Geissler'schen Röhren) geht nach Reitlinger auf dieselbe Art vor sich, wie die Schichtung des Staubes bei den Staubfiguren von Abria. Ich habe schon in einer früheren Mittheilung nachgewiesen, dass man vorläufig nicht berechtigt ist, die Schichtung des elektrischen Lichtes mit der Schichtung des Staubes bei den Staubfiguren für ähnlich zu halten. Da übrigens die Dicke der Schichten gegen die Wellenlänge sehr klein ausfallen müsste, so würde der Schall ebenso

[1] Annals of philosophy V. XX, p. 172.

[2] Sitzber. XLVI, II.

gut durchgehen, wie durch ein continuirliches Gemenge. Ich habe deshalb die Versuche von Leslie wieder aufgenommen und ausserdem für verschiedene Gase die Intensität des aus dem Recipienten herausgehörten Schalles verglichen, indem ich das Gas soweit verdünnte, bis die Hörgrenze erreicht war. Der Kopf befand sich stets in derselben Entfernung und Stellung zum Recipienten; die Glocke des Schlagwerkes befand sich in der Axe des Recipienten (Fig. 1) und wurde durch einen rasch vibrirenden Hammer angeschlagen. Es zeigte sich dabei das sonderbare Resultat, dass die Schallstärke etwa der dritten Potenz der Dichte des Gases direct und der Spannkraft einfach verkehrt proportional war. Mit dieser empirisch herausgebrachten Formel stimmte es auch, dass beim Einlassen von Wasserstoff sich die Schallstärke verkleinerte. Ich brachte ausserdem eine Schale mit Äther unter den Recipienten. Es blieb dann nach raschem Auspumpen der Luft fast nur Ätherdampf, der durch schnelle Verdampfung beträchtlich abgekühlt war, in dem Recipienten, wobei die Glocke rein und hell heraustönte. Liess ich nun Luft zu, so wurde der Ton der Glocke schwach und trocken.

Fig. 1.



Ich suchte dann die Stärke der Schallleitung für verschiedene Gase rein theoretisch zu entwickeln, wobei ich Herrn Prof. Mach für die mir zu Theil gewordene Unterstützung mit Dank verpflichtet bin. Dabei ergab sich ein ganz anderes Resultat. Die Glocke ertheilt nämlich jedem Gase dieselben Excursionen. Die lebendige Kraft einer einzelnen Schallwelle im Gase ist, wenn ρ die Dichte, λ die Wellenlänge, x die Fortpflanzungsrichtung, v die Excursionsgeschwindigkeit bedeuten, gleich

$$\int_{x=0}^{x=\lambda} \frac{v^2}{2} \rho dx.$$

Für den Ort x ist, wenn τ die Schwingungsdauer, a die Amplitude der Glocke vorstellt,

$$v = \frac{2a\pi}{\tau} \sin\left(2\pi \frac{x}{\lambda}\right).$$

Weil $\lambda = \tau \sqrt{\frac{e}{\rho}}$ ist, wo e die Spannkraft des Gases angibt, so bekommt man für $\int_0^{\lambda} \frac{v^2}{2} \rho dx$ den Ausdruck

$$\frac{2a^2\pi^2}{\tau^2} \rho \int_0^{\tau\sqrt{\frac{e}{\rho}}} \left[\sin\left(\frac{2\pi}{\tau\sqrt{\frac{e}{\rho}}} x\right)\right]^2 dx = \frac{a^2\pi^2}{\tau} \sqrt{e\rho} = k\sqrt{e\rho},$$

wobei k bei unveränderter Tonhöhe und Excursion constant bleibt. **Die lebendige Kraft einer Welle ist demnach proportional der Wurzel aus dem Producte der Dichte und Spannkraft des Gases.**

Doch darf man nicht vergessen, dass diese lebendige Kraft nicht bei allen Gasen in gleicher Weise auf den Recipienten übertragen wird, wie schon aus den Stossgesetzen bei elastischen Kugeln hervorgeht.

Stosst nämlich eine kleine Kugel von der Masse m mit der Geschwindigkeit v gegen eine grosse ruhende Kugel von der Masse M, so ist die der Masse M ertheilte Geschwindigkeit $C = \frac{2mv}{m+M}$. Ist m sehr klein gegen M, so ist $C = \frac{2mv}{M}$ und die auf die Masse M übertragene lebendige Kraft ist proportional dem m^2, da ja bei derselben Glocke das v der aufeinanderfolgenden Theile für alle Gase dasselbe bleibt. Die entsprechenden Massenelemente der Welle aber sind proportional dem $\rho = \tau \sqrt{\frac{e}{\rho}} \cdot \rho = \tau\sqrt{e\rho}$, mithin ist die an den Recipienten abgegebene lebendige Kraft proportional $e\rho$.[1]

[1] Man sieht daraus, dass, wie die Glocke den verschiedenen Gasen eine der $\sqrt{e\rho}$ proportionale lebendige Kraft ertheilt, die Gase umgekehrt

Die Richtigkeit dieses Ausdruckes folgt auch noch aus einer anderen Betrachtungsweise. Bedeutet u die Excursion des Gases, u' die in ein angrenzendes Medium übertragene Excursion [1], so ist

$$u = a \sin 2\pi \left(\frac{t}{\tau} + \frac{x}{\lambda}\right) - b \sin 2\pi \left(\frac{t}{\tau} - \frac{x}{\lambda}\right)$$
$$u' = a' \sin 2\pi \left(\frac{t}{\tau} + \frac{x}{\lambda'}\right),$$

wobei a die Amplitüde der einfallenden, b die der reflectirten, a' die der gebrochenen Welle vorstellt. Für die Grenzfläche, deren Abscisse x wir $= 0$ setzen, muss

$$u = u' \quad \text{und}$$
$$e \frac{du}{dx} = e' \frac{du'}{dx}$$

sein, wobei e die Spannkraft des Gases, e' den Elasticitäts-Coëfficienten des Mediums angibt. Aus diesen zwei Bedingungsgleichungen ergibt sich

$$a - b = a' \quad \text{und}$$
$$\frac{e}{\lambda}(a + b) = e' \frac{a'}{\lambda'}.$$

Da $\lambda = \tau \sqrt{\frac{e}{\rho}}$ und $\lambda' = \tau \sqrt{\frac{e'}{\rho'}}$ ist, so findet man

$$a' = \frac{2a\sqrt{e\rho}}{\sqrt{e\rho} + \sqrt{e'\rho'}}$$ [2].

---

an den Recipienten ebenfalls eine der $\sqrt{e\rho}$ proportionale lebendige Kraft abgeben; ihre eigene lebendige Kraft ist schon der $\sqrt{e\rho}$ proportional und also die an den Recipienten abgegebene proportional $\sqrt{e\rho} . \sqrt{e\rho} = e\rho$.

[1] Die ausführliche Herleitung der Bedingungsgleichungen für die Schallbewegung an der Grenzfläche zweier Medien findet sich bei Stefan (Sitzber. 1867. „Ueber longitudinal schwingende elastische Stäbe". p. 601).

[2] Dieser Ausdruck ist ähnlich dem früher für die Stossgesetze angeführten, verschieden jedoch von dem von Fresnel für die Amplitüde des gebrochenen Lichtes gefundenen.

Ist $\sqrt{e\varrho}$ sehr klein gegen $\sqrt{e'\varrho'}$, so ist

$$a' = \frac{2a}{\sqrt{e'\varrho'}}\sqrt{e\varrho}\,.$$

Die übertragene Schallintensität ist proportional dem $\alpha'^2 = \frac{4a^2}{e'\varrho'}\,e\varrho$, also proportional dem Product aus der Spannkraft und Dichte des Gases[1].

Es bleibt noch der Fall übrig, wo die Schallbewegung auf einen Körper übertragen wird, der als Ganzes mitschwingt, wie dies möglicherweise der Recipient bei den Versuchen Leslie's thut. Die Druckänderung bei den Schwingungen des Gases ist an der Wand des Recipienten, deren Excursionen man gegen die Excursionen des Gases als verschwindend annehmen kann, gleich

$$e\,\frac{2a\pi}{\lambda}\sin 2\pi\,\frac{t}{\tau}\,.$$

Bedeutet m die Masse der Wand des Recipienten, x ihre Excursion, p die der Einheit der Excursion entsprechende Elasticitätsbeschleunigung der Wand, so ist

$$m\,\frac{d^2x}{dt^2} = -px + e\,\frac{2a\pi}{\lambda}\sin 2\pi\,\frac{t}{\tau}\,.$$

Dieser Gleichung wird genügt, wenn man

$$x = a'\sin 2\pi\,\frac{t}{\tau}$$

---

[1] Es ist also nicht richtig, wenn Tyndall („Der Schall" p. 8) auf $\frac{1}{15}$ Athmosphäre verdünnte Luft dem Wasserstoff von der Spannkraft einer Athmosphäre äquivalent setzt. In diesem Fall ist nämlich für Luft $e\varrho = \frac{1}{15^2}$, für Wasserstoff aber $= \frac{1}{15}$. Die Luft wäre also blos auf etwa $\frac{1}{4}$ zu verdünnen.

setzt. Dann findet man für die Amplitüde der Schwingung der Wand

$$a' = \frac{2a\pi}{\tau\left(p - 4\frac{\pi^2}{\tau^2}\right)}\sqrt{e\varrho}.$$

Es ist also a'^2 wieder proportional dem $e\varrho$.

Nachdem ich eine beträchtliche Zahl von Versuchen angestellt hatte, fand es sich, dass das sonderbare Verhalten der Gase unter dem Recipienten der Luftpumpe dem Schall gegenüber auf blosser Resonanz beruhte. Um nämlich den Schall der Glocke möglichst wenig zu schwächen, nahm ich einen kleinen Recipienten mit dünnen Wänden (Wandstärke = 1·5 Mm., Durchmesser = 13·8 Cm. = der Höhe). Als ich jedoch einen sehr grossen Recipienten mit dicken Wänden aufsetzte, konnte ich die Luft beträchtlich mehr verdünnen, als beim kleinen Recipienten, ehe die Hörgrenze erreicht war. Ausserdem bemerkte ich später, dass der zuvor beschriebene Versuch mit Ätherdampf und Luft nur in einem einzigen Recipienten gelang, während bei allen übrigen verwendeten Recipienten die zugelassene Luft den Ton verstärkte. Weiter zeigte sich, als die Luft in dem kleinen zuvor erwähnten Recipienten bis auf 88 Mm. ausgepumpt wurde, bei ganz langsamer Zulassung von Wasserstoff zuerst eine Verstärkung des Tones, und erst bei weiterem Einströmen des Wasserstoffes wurde der Grundton immer schwächer, während von den Obertönen der Glocke bald der eine, bald der andere hervortrat und wieder verschwand. War der Druck etwa um 304 Mm. gestiegen, so wurde der Grundton der Glocke wieder hörbar, verschwand aber sofort, wenn noch weiter Wasserstoff zugelassen wurde. Ähnlich hörte ich, wenn statt Wasserstoff Leuchtgas eingelassen wurde, anfangs eine Verstärkung des Tones; der Ton war am stärksten bei einem Druckzuwachs von etwa 32 Mm. Bei noch grösserem Drucke wurde der Ton wieder schwächer. Die Wellenlänge des Glockentones war 132 Mm. in Luft; der Eigenton des mit Luft gefüllten Recipienten hatte eine Wellenlänge von 272 Mm.; er wurde auf die Art bestimmt, dass man an den Canal, durch welchen die äussere Luft in den Recipienten eingelassen wird, einen Kau-

tschukschlauch ansetzte, dessen anderes Ende ins Ohr eingeführt wurde. Durch Klopfen an dem Teller der Luftpumpe wurde der Eigenton der in dem Recipienten eingeschlossenen Luftmasse erregt[1]. Wie ich nun in einer früheren Mittheilung[2] nachgewiesen

---

[1] Es ist merkwürdig, wie hoch die Eigentöne geschlossener Räume sind. Der grosse König'sche Resonator C_2 gibt, wenn man die weite Öffnung verkorkt und die engere ins Ohr einfügt, einen Ton, dessen Wellenlänge gegen 330 Mm. ist. Man kann sich leicht versichern, dass es nicht der Eigenton der Wände des Resonators ist, indem man den Resonator mit beiden Händen fest umfasst.

[2] Anzeiger 1873, Nr. XXVIII. Mischt man zwei gleiche Volumina von zwei verschiedenen Gasen, das eine von der Dichte ρ, das andere von der Dichte ρ', beide von der Expansivkraft 1, so ist die Schallgeschwindigkeit V im Gemenge $= \sqrt{\frac{2}{\rho+\rho'}}$, wenn man den Quotienten aus der specifischen Wärme bei constantem Druck und der specifischen Wärme bei constantem Volum für verschiedene Gase als nahezu gleich ignorirt. Hiebei ist die Dichte und die Schallgeschwindigkeit der Luft als Einheit angenommen.

Dieselbe Formel erhält man nach der Gastheorie, wenn man die Annahme macht, dass sich die Geschwindigkeiten der Gasmolecüle v_0 und v'_0 der beiden Gase zu einer mittleren Geschwindigkeit V_0 ausgleichen. Da nichts an lebendiger Kraft verloren geht, so ist

$$\rho \frac{v_0^2}{2} + \rho' \frac{v'^2_0}{2} = (\rho + \rho') \frac{V_0^2}{2}.$$

Nach Stefan ist $\frac{v_0}{\sqrt{3}}$ = der Schallgeschwindigkeit $v = \sqrt{\frac{1}{\rho}}$; also ist $v = \frac{1}{r^2}$ und $2 = (\rho + \rho') V^2$, oder $V = \sqrt{\frac{2}{\rho+\rho'}}$.

Die nach der Methode Kundt's angestellten Versuche gaben eine gute Übereinstimmung mit der Theorie. Es war die halbe Wellenlänge eines bestimmten Tones für

Luft	=	65·5 Mm.
Kohlensäure	=	51·5 Mm.
Wasserstoff	=	24·5 Mm.
Leuchtgas	=	9·5 Mm.

Bei den Gemengen wurde Folgendes gefunden:

	Beobachtet	Berechnet
Kohlensäure und Wasserstoff	71·5	71·0
Luft und Wasserstoff	8·8	8·9·0
Leuchtgas und Kohlensäure	6·4	6·3·0

habe, gilt für die Schallgeschwindigkeit in einem gemengten Gase dasselbe Gesetz, wie bei einem reinen Gase. Man findet also die Wellenlänge L des Glockentones in einem Gemenge aus 88 Volumtheilen Luft und 304 Theilen Wasserstoff gleich der Wellenlänge in Luft multiplicirt mit $\sqrt{\frac{e+e'}{\rho+\rho'}}$, wo e und ρ die Dichte und Spannkraft für Luft, e' und ρ' für Wasserstoff bedeuten. Setzt man für den Druck von 1 Mm. die Dichte und Spannkraft der Luft $= 1$, so ist

$$L = 132\sqrt{\frac{88+304}{88+304\times 0{\cdot}069}} = 250 \text{ Mm.},$$

also nicht ganz die Wellenlänge des Recipiententones $= 272$ Mm.[1]

Bei Leuchtgas, dessen Dichte unbekannt war, wurde diese aus der Schallgeschwindigkeit berechnet.

Ich erfuhr nachträglich, dass Zoch (Pogg. A. 1866) die Schallgeschwindigkeit in Leuchtgas und in drei Gemengen aus Wasserstoff und Kohlensäure bestimmt hat, ohne daraus für die Theorie einen Schluss zu ziehen. Vielmehr findet er sich von der erhaltenen kleinen Schallgeschwindigkeit bei Leuchtgas, welches 42% Wasserstoff enthielt, überrascht, obwohl sich diese kleine Schallgeschwindigkeit von selbst aus der Theorie ergibt.

[1] Nach der Theorie ist der Eigenton eines Luftraumes tiefer, als der Ton, auf welchen er am stärksten resonirt. Der Eigenton ist von der Reibung beeinflusst, welche die Schwingungen verlangsamt, während der Ton stärkster Resonanz jenem Tone entspricht, welchen der Luftraum ohne den Einfluss der Reibung blos zufolge der Elasticität geben würde. Es ist nämlich die bekannte Gleichung für das Mitschwingen unter Widerstand:

$$\frac{dx^2}{dt^2} = -p^2x - 2b\left(\frac{dx}{dt}\right) + A\cos qt$$

und ihr Integrale

$$x = a\sin(qt+\vartheta) + e^{-bt}(\mathfrak{A}\sin rt + \mathfrak{B}\cos rt)$$

Hiebei ist die Amplitude des Mitschwingens a bestimmt durch die Gleichung

$$a = \frac{A}{\sqrt{(p^2-q^2)^2+4b^2q_2}}$$

Für die Wellenlänge L' des Glockentones in einem Gemenge aus 88 Theilen Luft und 32 Theilen Leuchtgas von der Dichte 0·51 findet man $L' = 141$ Mm., nahezu die Wellenlänge der Octave des Recipiententones.

Ich ersetzte übrigens die Glocke des Läutwerkes durch eine andere höhere, deren Wellenlänge gegen 98 Mm. betrug. Bei Zulassung von Wasserstoff zeigte sich sogleich im Anfange, wenn blos etwa 4 Mm. Wasserstoff hinzukamen, eine sehr merkliche Verstärkung des Tones, dann war der Ton ganz schwach. Er kam aber rein und stark zum Vorschein, wenn gegen 113 Mm. Wasserstoff zugelassen wurden. Die Wellenlänge der Glocke in diesem Gemenge beträgt 142 Mm., wieder nahezu die Wellenlänge der Octave des Recipiententones. Weil gleich im Anfange auch eine Verstärkung eintrat, so scheint noch ein anderer Oberton des Recipienten Resonanz zu geben. Da es nun schwer ist, eine Glocke auf einen mit Wasserstoff gefüllten Recipienten so abzustimmen, dass der Recipient auf die Glocke resonirt, und weil schon bei einer geringen Verstimmung der Ton der Glocke fast unhörbar wird, so stellte ich einen Versuch von anderer Form an.

Ich nahm eine Kundt'sche Röhre (Fig. 2), in welche durch den Korkpfropf a eine Glasröhre mit enger Öffnung ging; diese

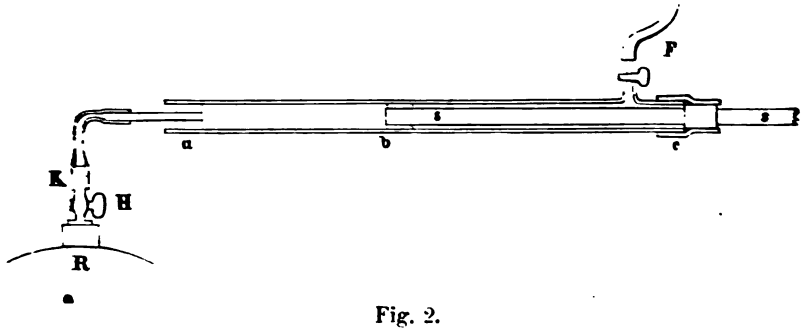


Fig. 2.

---

und wird ein Maximum für $q = p$, wenn also die Störung genau den Eigenton trifft, den der Körper ohne Widerstand hätte. Der durch r bestimmte Eigenton, welchen der Körper auf einen blossen Anstoss hin selbst ausschwingt, ist tiefer, denn es ist $r = \sqrt{p^2 - b^2}$.

Glasröhre stellte durch Aufstecken eines Kautschukschlauches *K* leicht eine Communication mit dem Recipienten *R* einer Luftpumpe her. Bei *b* umfasste die zur Schallerregung dienende Glasröhre *s* ohne Reibung ein in der weiteren Röhre festsitzender Korkring, der den Raum *ab* gegen den Raum *bc* absperren sollte. Es zeigte sich nämlich, dass die im Theile *bc* schwingende Luft die Luft in *ab* sehr stark beeinflusst, wenn der Raum *bc* vom Raume *ab* nicht abgesperrt ist. Sehr deutlich zeigt dieses eine in Fig. 3 abgebildete Schallröhre, wo sowohl der Kork *a*, als der

Fig. 3.

Kork *b* verschoben werden können. Fig. 4 gibt eine Übersicht der Staubfiguren bei einigen Stellungen der Korke. Die Stärke der Luftbewegung im Theile *aA* variirt sehr mit der Stellung der

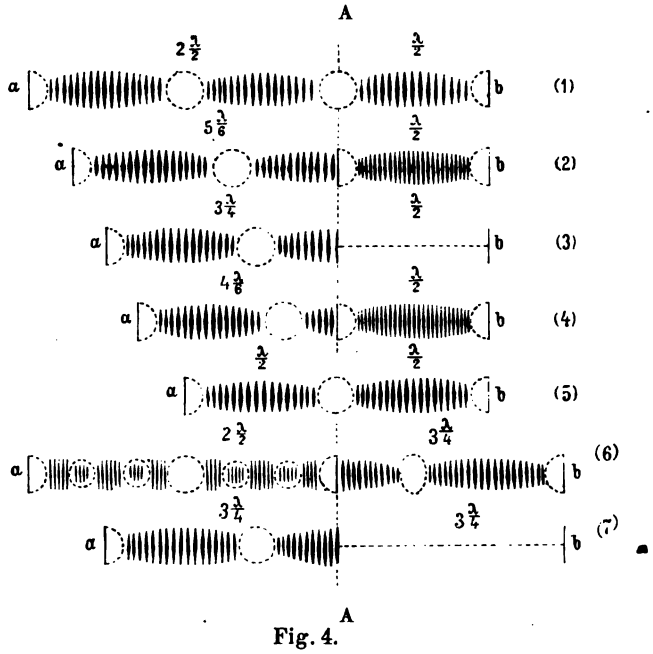


Fig. 4.

Korke; zuweilen erscheint eine scharf ausgebildete Duodecimenfigur, die sich über die Staubfigur des Grundtones hinlegt

(Fig. 4 [6]). Bei [3] und [7] erhält man im Theile *ab* keine Spur von einer Staubbewegung.

Es wurde nun in der Schallröhre *ae* (Fig. 3) die Luft so weit verdünnt, bis die Kieselsäure auf den Bäuchen kein Aufwirbeln mehr zeigte: sie fiel dann blos beim ersten Strich von den Glaswänden herab und bildete eine matte Staubfigur. Hierauf wurde der Kautschukschlauch *K* abgezogen und hinreichend lange Wasserstoff durchgeleitet. Da die schallerregende Röhre *s* ziemlich dick war (indem sie im Theile *bc* den Raum beinahe ganz ausfüllte), und da sie ausserdem sehr kräftig ansprach, so war bei unverdünntem Wasserstoff die Bewegung der Kieselsäure sehr heftig, obwohl es gewöhnlich, wie schon Kundt bemerkt hat, ziemlich schwer hält, eine Staubfigur in Wasserstoff zu erhalten. Um den Wasserstoff zu verdünnen, wurde die Luft in dem Recipienten *R* bis auf einen gewissen Grad ausgepumpt, der Hahn bei *F* geschlossen, der Kautschukschlauch *K* übergeschoben, der Hahn *H* schnell geöffnet und sogleich darauf die Röhre *s* gestrichen. Dabei zeigte sich, dass man den Wasserstoff bis auf etwa 276 Mm. verdünnen konnte, wobei er noch eine Staubfigur gab. In Luft kam noch bei einem Drucke von 71 Mm. eine Staubfigur zum Vorschein. In diesem Falle muss $e_2 = e'_2$ sein: der Versuch gibt für Luft $e_2 = 71^2 = 5041$; für Wasserstoff ist $e'_2 = 276^2 \times 0{\cdot}069 = 5156$, wenn man wieder die Dichte und Spannkraft der Luft für den Druck von 1 Mm. = 1 setzt. Die Differenz von e'_2 und e_2 lag innerhalb der Grenze der Beobachtungsfehler.

Damit jedoch dieser Versuch auch gut gelingt, muss man einige Vorsicht anwenden. Erstens muss das Ende des Glasstabes bei *b* sowohl für Luft als für Wasserstoff gleich weit vom Knoten der stehenden Welle entfernt sein. Bei meinem Versuche waren für Luft 6 und $\frac{4}{5}$ Halbwellen in *ab*: dies gibt, da die Schallgeschwindigkeit in Wasserstoff etwa 3·75mal grösser ist, als in Luft, $6{\cdot}8 : 3{\cdot}75 = 1{\cdot}81$ Wasserstoffwellen, also wieder fast 1 und $\frac{4}{5}$ Halbwellen. In beiden Fällen betrug demnach die Entfernung des Glasstabendes vom nächsten Knoten $\frac{1}{5}$ einer halben

Wellenlänge. Es ist nicht rathsam, das Glasstabende auf den Knoten einzustellen, weil dort ein kleiner Fehler in der Einstellung schon einen grossen Unterschied in der Schwingungsintensität des betreffenden Gases bewirkt.

Weiter darf man den Theil *ab*, welcher die Kieselsäure enthält, nie reiben, sonst wird das Glas elektrisch und die Kieselsäure haftet dann hartnäckig an gewissen Stellen. Klopft man einige Mal mit dem Finger an eine Stelle, so bildet dort die Kieselsäure die ganze Berührungsstelle des Fingers mit dem Glase ab. Sobald man eine Staubfigur mit der Kieselsäure gemacht hat, darf man die Kieselsäure nicht weiter verwenden, weil es nicht mehr gelingt, dieselbe gleichmässig genug zu vertheilen; sondern die Röhre wird am besten mittelst hineingeschüttetem, fein zertheiltem Eisen (*limatura ferri*) durch Herumdrehen um ihre Längsaxe gereinigt, und nur soviel frische Kieselsäure hineingegeben als unumgänglich nöthig ist. Die Kieselsäure darf man nie durch Schütteln vertheilen, sondern man hält die Röhre *ac* stets vertical, kehrt sie jedoch 2- oder 3mal herum, damit sich die Kieselsäure gleichmässig an beiden Enden vertheilt. Hierauf wird die Röhre vorsichtig horizontal gelegt. Mit diesen Vorsichten geben die Versuche für die Grenze der Erregung des Staubes ein fast constantes Resultat.

Um die schlechte Leitung des Schalles durch Wasserstoff zu zeigen, kann auch folgender Versuch angestellt werden. Man leite in einem langsamen, nicht zu heftigen Strome mittelst zweier spitzen Röhren Wasserstoff in die Ohren. Man bemerkt dabei sogleich ein eigenthümliches Gefühl des Verstopftseins der Ohren; zugleich hört man die Glocke eines in der Nähe aufgestellten Läutwerkes beträchtlich schwächer. Es ist jedoch auch möglich, wie Herr Prof. Mach meint, dass durch das Trommelfell eine lebhafte Diffusion in die Trommelhöhle stattfindet, wodurch das Trommelfell nach auswärts getrieben und wegen des auf ihm lastenden Druckes für den Schall weniger empfindlich gemacht wird. Mit Kohlensäure erhält man keinen merklichen Unterschied in der gehörten Schallstärke.

Das Resultat der Versuche ist also, dass die Experimente von Leslie über das eigenthümliche Verhalten des Wasserstoffes unter dem Recipienten

der Luftpumpe dem Schall gegenüber auf blosser Resonanz beruhen. Die Theorie gibt für die Stärke des aus verschiedenen Gasen herausgehörten Schalles einen dem Producte aus der Spannkraft und Dichte des Gases proportionalen Ausdruck, womit auch die Versuche übereinstimmen.

Die Versuche wurden im physikalischen Laboratorium der Prager Universität ausgeführt.

NACHTRAG.

Nach Beendigung dieser Arbeit erfuhr ich, dass schon Stokes die Resultate Leslie's theoretisch zu erklären gesucht hat. Ich konnte jedoch bis jetzt weder die Originalabhandlung von Leslie (Trans. of Cambridge Soc. I, 267), noch die von Stokes (Phil. Mag. [4] XXXVI 401—421) erlangen. Ein Auszug aus der Abhandlung von Stokes in den Berliner „Fortschritten der Physik" von 1872, XXIV p. 197, ist zu kurz, als dass man über die Stokes'sche Theorie ganz im Reinen sein könnte. Diesem Auszuge gemäss nimmt Stokes als Schallquelle eine Kugel an, deren Oberfläche eine periodische und symmetrische Bewegung hat, und berechnet die Intensität des von der Kugel ausgehenden Schalles für grosse Entfernung. Die bei der Kugel erhaltenen Resultate werden dann auf die Glocke übertragen. Wie mir nun scheint, hat Stokes auf folgende Art geschlossen: Schwingt die Glocke ihren Grundton, so sind von den vier schwingenden Abtheilungen der Glocke immer zwei benachbarte Abtheilungen in entgegengesetzten Phasen; die von diesen beiden Abtheilungen ausgehenden Schallwellen werden für einen bestimmten, entfernten Punkt ein ganz verschiedenes Resultat geben, wenn bei constanter Wellenlänge (Tonhöhe) der Radius der Glocke und mit ihm die Grösse der Abtheilungen sich ändert. Um dieses leichter einzusehen, denke man an das, was Herr Prof. Mach als Ursache anführt, warum man die Stimmgabeln auf eine so kurze Entfernung hört (Sitzber.

Bd. L). Jede Zinke der Stimmgabel ertheilt der Luft gleichzeitig entgegengesetzte Phasen von gleicher Intensität. Die Stellen aber, an welchen entgegengesetzte Phasen erzeugt werden, liegen so nahe bei einander, dass ihre Entfernung gegen die Wellenlänge verschwindet. Nimmt man nun an, dass von zwei um die Distanz ρ entfernten Punkten a und b zwei Schallwellen von gleicher Intensität, aber von entgegengesetzten Phasen ausgehen, so ist die Intensität J des Schalles für einen Punkt c, der von a um r, von b um $r+\rho'$ (wobei $\rho' \leqq \rho$) entfernt ist $= \frac{1}{r^2} - \frac{1}{(r+\rho')^2}$, wobei man, da ρ' gegen die Wellenlänge λ verschwindet, auf die Änderung der Phase beim Wechsel der Entfernung von r auf $r+\rho'$ keine Rücksicht zu nehmen braucht. Ist nun r gross gegen ρ', so ist $J = o$. Soll nun eine Änderung der Wellenlänge (durch Wechsel des gasförmigen Mittels) auf J von Einfluss sein, so darf ρ nicht mehr gegen die Wellenlänge verschwinden. Die von Stokes für die Glocke berechnete Formel ist nun eine Function von mc, wobei $m = \frac{2\pi}{\lambda}$, und $c =$ dem Radius der Glocke ist. Stokes nimmt zwei Werthe von c an (0·4926" und 0·2463"), von denen er vermuthet, dass sie den Experimenten Leslie's (in deren Mittheilungen er nothwendige Angaben vermisst) zu Grunde gelegen haben, und berechnet daraus die Intensität des Schalles für Luft und für Wasserstoff. Wenn er nun die Intensität J des Schalles in Luft von der Dichte 1 und unter 1 Athmosphäre Druck = 1 setzt, so bekommt er für Wasserstoff

$$J = 0{\cdot}001048 \text{ und}$$
$$0{\cdot}001191$$

für Luft aber von der Dichtigkeit **0·01** setzt er die Schallintensität $J = 0{\cdot}01$, während sie doch $= (0{\cdot}01)^2 = 0{\cdot}0001$ zu setzen ist. Dadurch wird die ganze Erklärung von Stokes wenigstens für diesen speciellen Fall illusorisch. Im Allgemeinen lässt sich jedoch nicht bestreiten, dass die Grösse der Glocke (bei ungeänderter Tonhöhe) auf die Intensität des in grösserer Entfernung gehörten Schalles von Einfluss ist.

Zur Theorie der magnetischen Kräfte.

Von dem w. M. J. Stefan.

(Mit 1 Holzschnitte.)

Diese Abhandlung besteht aus drei Theilen, welche nur insoferne zusammenhängen, als die in dem einen gefundenen Resultate die Veranlassung zur Untersuchung der anderen Probleme gaben.

In dem ersten Theile „über die Berechnung der magnetischen Kräfte der elektrischen Ströme" bildet der Ampère'sche Satz, dass die Fernwirkung eines elektrischen Stromes äquivalent ist jener einer transversal magnetischen Platte, den Ausgangspunkt. Ein System von Strömen, welche einen Körper in unmittelbar aneinander gereihten ebenen Bahnen umkreisen, kann demnach durch ein System von parallelen magnetischen Platten ersetzt werden und dieses stellt nichts anderes als einen homogenmagnetischen Körper dar.

Die Fernwirkung eines homogenen Magnetes kann aber auch ersetzt werden durch jene einer magnetischen Ladung auf einer Oberfläche, und man bezeichnet das Potential dieser Ladung geradezu als das magnetische Potential des Magnetes, durch welches die Kräfte des letzteren bestimmt sind sowohl für äussere als auch innere Punkte.

Mit diesem Potential stimmt auch das elektromagnetische des Stromsystems überein, aber nur so lange, als der Angriffspunkt ausserhalb des Körpers liegt, welcher vom Stromsysteme umflossen wird. Im Innern des Körpers sind die elektromagnetischen Kräfte um eine parallel zur magnetischen Axe wirkende Kraft verschieden von jenen der Oberflächenladung.

Die Annahme, dass durch das magnetische Potential auch die Wirkung eines Magnetes auf einen inneren Punkt bestimmt

ist, ist im Allgemeinen nicht richtig. Speciell für einen aus geladenen Platten zusammengesetzten Magnet ist sie nur dann richtig, wenn die Abstände der magnetischen Platten verschwindend klein sind gegen ihre Dicken und wenn der Angriffspunkt selbst innerhalb einer solchen Platte liegt. Denkt man sich aber denselben in dem allerdings unendlich kleinen Zwischenraume zwischen zwei Platten, so kommt zu den durch das magnetische Potential bestimmten Kräften noch eine in der Richtung der magnetischen Axe hinzu. Unter dieser Voraussetzung über die Lage des Angriffspunktes findet auch für innere Punkte die vollständige Äquivalenz zwischen dem Magnete und dem Stromsysteme statt. Diese Voraussetzung über die Lage des Punktes muss auch gemacht werden, wenn es sich um die Kräfte des Stromsystemes handelt, weil schon der Ampère'sche Satz über die Äquivalenz eines elektrischen Stromes und einer transversal magnetisirten Platte nur unter der Beschränkung gilt, dass der Angriffspunkt nicht innerhalb der letzteren sich befindet.

Die Wirkungen eines Stromsystemes auf einen innern Punkt lassen sich noch auf eine zweite Art durch magnetische darstellen, wenn man jeden Strom durch eine unendlich ausgedehnte Platte ersetzt, aus welcher durch den Strom ein Stück ausgeschnitten wird. Dieser in Bezug auf das Stromsystem innere Raum ist in Bezug auf den Magnet ein äusserer. Die Berechnung der in ihm wirkenden Kraft liefert das gesuchte Resultat in eindeutiger Weise.

Das magnetische Potential eines homogenen Magnetes lässt sich auch darstellen als Differenz zweier Potentiale zweier gleicher, ein wenig gegen einander verschobener Körper, von denen der eine gleichförmig mit positiver, der andere gleichförmig mit negativer Masse erfüllt ist. Die wirkliche Berechnung gestaltet sich dann in einigen speciellen Fällen sehr einfach. Ein solcher Fall ist der einer homogenmagnetischen Kugel. Das Potential derselben liefert für jeden inneren Punkt eine nach Richtung und Grösse constante Kraft.

Daraus folgt aber auch, dass ein eine Kugel in Parallelkreisen umfliessendes System von Strömen auf jeden inneren Punkt ebenfalls mit einer nach Richtung und Grösse constanten Kraft wirkt. Ein solches Stromsystem, welches angenähert durch

vollständige Umwicklung einer Kugel mit einem Leitungsdrahte hergestellt werden kann, bietet also ein Mittel zur Herstellung einer exacten Tangentenboussole, es bildet eine Magnetisirungsspirale von constanter magnetisirender Kraft, es kann zur Astasirung von Magneten verwendet werden. Dieselben Eigenschaften hat auch ein System von Strömen, welche ein Ellipsoid umkreisen.

In der zweiten Abtheilung „über die Wirkung eines Magnetes auf einen inneren Punkt“ wird dieses schon im ersten Theil berührte Problem eingehender behandelt. Es wird zuerst angenommen, der Magnet bestehe aus Platten, deren Abstände gegen ihre Dicken nicht verschwinden.

Es ergibt sich, dass die durch das Potential gegebenen Kräfte in keinem Falle, mag der Punkt ausserhalb oder innerhalb einer Platte liegen, die wirklich vorhandenen darstellen. Um diese letzteren zu erhalten, muss zu den ersteren immer noch eine hinzugefügt werden. Die Zusatzkraft fällt in die Richtung der magnetischen Axe und ist von der Dicke und Distanz der Platten unabhängig, wenn der Angriffspunkt in dem leeren Raume zwischen zwei Platten sich befindet. Liegt er aber innerhalb einer Platte, so kommt zu den Kräften der Oberflächenbelegung eine der Richtung der magnetischen Axe entgegenwirkende Kraft hinzu und fällt ihr absoluter Werth um so grösser aus, je grösser das Verhältniss des Abstandes zweier Platten zur Dicke einer Platte ist.

Bewegt sich ein Punkt durch dieses Plattensystem, so ändert die auf ihn wirkende Kraft sprungweise Richtung und Grösse. Es sind aber die Kräfte, welche zu den durch das Potential gegebenen hinzukommen, so beschaffen, dass sie bei der Bewegung des Punktes durch eine endliche Strecke keine endliche Arbeit leisten oder consumiren. Für jede endliche Bewegung ist das Wachsthum der lebendigen Kraft durch das magnetische Potential bestimmt.

Diese Untersuchung lässt sich auch ausdehnen auf Magnete, welche aus isolirten Molecülen bestehen, und wenn letztere Kugeln oder Ellipsoide sind, lässt sich die Rechnung auch leicht durchführen. Analog dem früheren Falle sind auch in diesem die inneren Kräfte durch das magnetische Potential nicht bestimmt.

Im Innern eines Molecüls kommt noch eine der magnetischen Axe entgegengesetzt wirkende Componente hinzu, deren Betrag abhängig ist von dem Verhältniss zwischen der Grösse des leeren und des von den Molecülen wirklich ausgefüllten Raumes. Ausserhalb des Molecüls ist die Zusatzkraft von Punkt zu Punkt verschieden nach Richtung und Grösse. Es lässt sich aber ein Mittelwerth derselben berechnen, und dieser stellt eine in der Richtung der magnetischen Axe wirkende Kraft dar.

Auch für einen solchen Magnet gilt der Satz, dass die auf einer endlichen Strecke von den wirkenden Kräften gethane Arbeit durch das magnetische Potential bestimmt ist, und zwar ist es gleichgiltig, ob diese Bahnstrecke endlich gekrümmt die leeren Räume und Molecüle durchschreitet oder ob sie in unendlich vielen Windungen die Molecüle umfährt.

Besteht der Magnetismus der Molecüle nicht in einer Ladung mit magnetischen Massen, wie bisher vorausgesetzt wurde, sondern in elektrischen Strömen, welche die Molecüle umkreisen, so bleiben in den Räumen ausserhalb der Molecüle dieselben Verhältnisse, wie vorhin. Im Innern der Molecüle tritt aber jetzt zu den früher gefundenen Kräften eine in der Richtung der magnetischen Axe wirkende Kraft hinzu, deren Grösse abhängig ist von dem Verhältnisse des ganzen vom Magnete occupirten Raumes zu jenem Theile desselben, welcher von den elektrischen Strömen umflossen wird.

Bewegt sich ein Punkt in einem solchem Magnete in einer endlichen, die einzelnen Molecüle umfahrenden Bahn, so gilt noch immer der Satz, dass die von den Kräften gethane Arbeit durch das magnetische Potential bestimmt ist. Geht aber die Bahn durch die leeren Räume und durch die Molecüle hindurch, so gilt dieser Satz nicht mehr. Es tritt noch eine arbeitende Kraft in der Richtung der magnetischen Axe thätig hinzu, und erfordert das Princip der Erhaltung der Arbeit in diesem Falle das Auftreten von Inductionsströmen.

Der dritte Theil der Abhandlung hat die „Theorie der magnetischen Induction“ zum Gegenstande.

Der im vorhergehenden Abschnitte gefundene Satz, dass im Innern eines Molecüls neben der durch das magnetische Potential bestimmten Kraft noch eine der magnetischen Axe ent-

gegengesetzt gerichtete, von der Gestalt und Lagerung der Mole-
die abhängige Kraft thätig ist, bildet die Grundlage der Theorie
er magnetischen Induction, wie selbe von Poisson entwickelt
urde. Poisson betrachtet das Eisen als ein System isolirter
ugelförmiger Molecüle und die Magnetisirung als eine Ausschei-
ung der magnetischen Fluida auf der Oberfläche der Molecüle.
ie Bedingung des magnetischen Gleichgewichtes ist dann die-
elbe, welche für das Gleichgewicht der Elektricität auf einem
ystem guter Leiter gilt, nämlich: Im Innern eines Molecüls muss
ie Resultante aller Kräfte Null sein.

Die wirkenden Kräfte sind die äusseren magnetisirenden
nd jene, welche aus der Vertheilung der magnetischen Massen
m Eisen entspringen. Wären diese durch das magnetische
otential vollständig bestimmt, so enthielte die Bedingungsglei-
hung des magnetischen Gleichgewichtes wohl eine von der Ge-
alt, aber keine von der materiellen Beschaffenheit des magne-
isirten Körpers abhängige Grösse. Letztere kommt erst durch
ie innerhalb eines Molecüls ausser den durch das Potential
estimmten Kräften wirkende Kraft in die Gleichung.

Nachdem die Grösse dieser Kraft im zweiten Theile bestimmt
orden ist, lassen sich die Fundamentalgleichungen der Theorie
er Induction unmittelbar anschreiben. Mit Hilfe der im ersten
heile gefundenen Resultate lassen sich auch einige Fälle, wie
ie Magnetisirung einer Kugel oder eines Ellipsoides durch eine
onstante äussere Kraft, die Magnetisirung eines Ringes durch
ine constante tangentiale Kraft, ohne weitere Rechnung er-
ledigen.

Die Theorie der magnetischen Induction lässt sich leicht in
er Art verallgemeinern, dass sie auch die Phänomene, welche
rystallisirte Substanzen zeigen, umfasst. Diese Theorie ist zu-
leich auch die Theorie der dielektrischen Polarisation und ist
ie Anwendung auf diese Art von Erscheinungen ihrer Grund-
age nach eine noch mehr berechtigte, als die Anwendung auf
ie Erscheinungen der Magnetisirung.

Viele Erscheinungen sprechen dafür, dass die Magnetisirung
icht in einer Vertheilung magnetischer Fluida, sondern in einer
rientirung schon ursprünglich magnetischer Molecüle bestehe.
s muss aber auch eine auf diese Ansicht basirte Theorie von

der Annahme ausgehen, dass die aus der Magnetisirung des Körpers entspringenden Kräfte durch das magnetische Potential nicht vollständig gegeben sind, und nur durch den Ausdruck der molecularen Kräfte unterscheiden sich die aus einer solchen Theorie folgenden Gleichungen von den Poisson'schen.

Weber hat zuerst die Hypothese der drehbaren Molecüle einer Berechnung zu Grunde gelegt und schienen anfänglich die Resultate derselben mit der Erfahrung zu stimmen.

Neuere Versuche haben jedoch gelehrt, dass das Verhalten des Eisens auch der Weber'schen Theorie durchaus nicht entspricht. Es setzt das Eisen der anfänglichen Magnetisirung einen sehr grossen Widerstand entgegen, der ziemlich rasch bis zu einem Minimum abnimmt, um von da an wieder bis zu einem unendlichen Werthe anzusteigen. Der Umstand, dass in ähnlicher Weise auch ein astatisches Nadelpaar sich verhält, wenn es durch Verdrehung der beiden Nadeln in einen Magnet verwandelt wird, lässt diese merkwürdige Eigenschaft des Eisens weniger räthselhaft erscheinen. Es können auch die Molecüle des Eisens magnetische Doppelmolecüle sein, die im natürlichen Zustande astatisch durch äussere Kräfte gegen einander verdreht werden.

Vor der Entwicklung einer neuen, auf die Eigenschaften der Molecüle zurückgreifenden Theorie erscheint es jedoch nothwendig, zuerst auf empirischem Wege das Gesetz aufzusuchen, durch welches die molecularen Kräfte in ihrer Abhängigkeit von dem magnetischen Zustande des magnetisirten Körpers bestimmt sind, und nachdem dieses gefunden, auf dasselbe die Theorie der Induction zu gründen, ähnlich wie z. B. die Theorie der Elasticität auf ein empirisches Datum basirt wird.

Zu diesem Behufe berechnete ich mehrere von Rowland, Stoletow und v. Quintus Icilius ausgeführte Versuche und liefert die Discussion derselben folgende Resultate. Das Maximum des in der Volumseinheit inducirbaren magnetischen Momentes ist für alle untersuchten Arten von Eisen und Stahl eine und dieselbe Grösse von nahe 14000 Einheiten. Das Maximum dieses Momentes für Nickel ist nahe 5000.

Der Widerstand des Eisens gegen die Magnetisirung erreicht seinen kleinsten Werth, wenn das inducirte Moment ein Drittel des Maximums beträgt. Dasselbe gilt auch für Nickel.

Für eine Versuchsreihe gibt den kleinsten Widerstand für $^2/_5$ statt für $^1/_3$ des ganzen Maximums.

Nach diesen Resultaten und einigen allgemeinen Eigenschaften, welche der Molecularkraft zugeschrieben werden müssen, lässt sich eine Formel für dieselbe aufstellen, welche mit der Erfahrung in grosser Übereinstimmung steht, wie die Vergleichung einer Reihe von berechneten Tabellen mit den aus den Versuchen abgeleiteten Daten lehrt.

A. Über die Berechnung der magnetischen Kräfte elektrischer Ströme.

I.

Ein elektrischer Strom, welcher eine lineare, geschlossene, ebene Bahn durchfliesst, wirkt auf einen Magnetpol, wie eine unendlich dünne, von der Strombahn begrenzte, transversal magnetisirte Platte. Zwischen der nach elektromagnetischem Masse bestimmten Intensität i des Stromes, dem magnetischen Momente m der Platte und der Fläche f, welche sie bedeckt, besteht die Beziehung

$$m = if.$$

Die Stromintensität ist gleich dem auf die Flächeneinheit entfallenden magnetischen Momente.

Ein Körper werde längs seiner Oberfläche von gleich intensiven Strömen umflossen der Art, dass die Strombahnen unmittelbar aufeinander folgen und in parallelen Ebenen liegen. Ein solches Stromsystem kann angenähert dadurch hergestellt werden, dass der gedachte Körper mit einem dünnen Drahte vollständig umwickelt und durch diesen Draht ein Strom geschickt wird.

Jeder dieser Ströme kann ersetzt werden durch eine magnetische Platte, das ganze Stromsystem durch ein System von unendlich nahe liegenden magnetischen Platten, und ein solches Plattensystem stellt einen homogen magnetischen Körper dar.

Bedeuten f', f'', .. die Flächen, welche die aufeinander folgenden Ströme umkreisen; m', m'', ... die magnetischen Momente

der diesen Strömen äquivalenten Platten, so bestehen die Gleichungen

$$m' = if', \; m'' = if'', \ldots .$$
$$m' + m'' + \ldots = i(f' + f'' + \ldots .)$$

Bedeutet ε den Abstand der gleichnamigen Flächen zweier aufeinander folgender Platten, so stellt

$$(f' + f'' + \ldots)\varepsilon = v$$

das Volumen des Körpers dar. Man kann also auch

$$m' + m'' + \ldots = \frac{i}{\varepsilon} v$$

oder

$$\frac{m' + m'' + \ldots}{v} = \frac{i}{\varepsilon}$$

setzen.

Der Quotient auf der ersten Seite dieser Gleichung gibt das magnetische Moment der Volumseinheit des von den Strömen umflossenen Körpers, es soll mit μ bezeichnet werden. Entfallen auf die Längeneinheit der Axe des Stromsystemes n Ströme, also auch n Platten, so ist

$$\varepsilon = \frac{1}{n} .$$

Die vorhergehende Gleichung verwandelt sich nunmehr in

$$\mu = ni.$$

Die Fernwirkung des angenommenen Systemes von elektrischen Strömen ist also äquivalent jener des von ihnen umflossenen Körpers, wenn dieser homogen magnetisirt ist, und zwar der Art, dass seine magnetische Axe mit der Axe des Stromsystemes gleiche Richtung hat und auf die Volumseinheit desselben ein magnetisches Moment $= ni$ entfällt. Das elektromagnetische Potential des Stromsystems ist dann auch gleich dem magnetischen dieses Magnetes.

Diese hier ausgesprochene Äquivalenz gilt unbedingt, wenn es sich um die Wirkung auf einen ausserhalb des umströmten Körpers liegenden Punkt handelt. Für einen im Innern dieses Körpers liegenden Punkt gilt sie jedoch nur unter einer Beschränkung.

Es ist nämlich schon für einen einzelnen Strom die Äquivalenz seiner Wirkung mit jener einer magnetischen Platte an die Bedingung gebunden, dass der afficirte Punkt ausserhalb dieser Platte sich befinde. Diese Bedingung gilt daher auch für das System der Ströme und Platten. Es wirkt das angenommene System von Strömen auf einen inneren Punkt wie der Magnet auf einen zwischen den ihn formirenden magnetischen Platten liegenden Punkt wirkt.

II.

Ein homogener Magnet wirkt nach aussen so, als befänden sich nur auf seiner Oberfläche magnetische Massen vertheilt der Art, dass die Dichte dieser Massen in irgend einem Punkte der Oberfläche gleich ist dem Producte aus dem magnetischen Momente der Volumseinheit in den Cosinus des Winkels, den die auswärts gezogene Normale mit der magnetischen Axe bildet. Dies lässt sich in sehr einfacher Art nachweisen.

Da die Kraft, mit welcher ein sehr kleiner Magnet auf einen entfernten Pol wirkt, nur von seinem magnetischen Momente abhängig ist, so kann man die magnetischen Platten, aus welchen der Magnet besteht, so dick voraussetzen, dass zwischen zwei aufeinanderfolgenden nur ein verschwindend kleiner Zwischenraum bleibt. Man hat nur die Dichte der Belegungen so zu wählen, dass das magnetische Moment jeder Platte unverändert bleibt. Es sei σ die Dichte der Flächenbelegung und der Abstand der zwei Belegungen einer Platte gleich der Distanz ε, so ist das magnetische Moment einer Platte

$$m = f\sigma\varepsilon.$$

Es ist aber

$$\frac{m}{f\varepsilon} = \sigma$$

das auf die Volumseinheit des Körpers entfallende magnetische Moment, folglich

$$\sigma = \mu = ni.$$

Die Fernwirkung der negativen Belegung einer Platte wird aufgehoben durch die der positiven Belegung der nächstfolgenden Platte, wenn diese beiden gleich sind. Sind sie aber nicht

gleich und ist die zweite z. B. die grössere, so bleibt von der positiven Belegung derselben am Rande ein uncompensirter Streifen übrig und den Inbegriff aller auf diese Weise sich ergebenden uncompensirten Streifen bildet eine über die Oberfläche des Magnetes vertheilte magnetische Ladung, deren Fernwirkung äquivalent ist jener des Magnetes.

Um die Dichte dieser Ladung in einem beliebigen Punkte der Oberfläche zu bestimmen, ist zu bemerken, dass auf ein Oberflächenelement ω so viel freie Masse fällt, als auf den zu diesem Elemente gehörigen Plattenstücken uncompensirt bleibt. Diese ist aber gegeben durch das Product aus σ in die Projection des Elementes ω auf eine zur magnetischen Axe senkrechte Ebene. Stellt θ den Winkel dar, welchen die zum Oberflächenelemente ω nach aussen errichtete Normale mit der magnetischen Axe bildet, so ist $\omega \cos\theta$ die bezeichnete Projection, $\sigma\omega \cos\theta$ die auf ω entfallende freie Masse, also die Dichte der Oberflächenbelegung bestimmt durch

$$\sigma \cos\theta = \mu \cos\theta = ni \cos\theta.$$

Die Fernwirkung des nach diesem Gesetze auf der Oberfläche mit Magnetismus belegten Körpers ist gleich jener des homogenmagnetischen Körpers, gleich jener des Stromsystemes, welches diesen Körper umfliesst. Diese Äquivalenz gilt ganz allgemein, wenn der afficirte Punkt ausserhalb dieses Körpers liegt. Es bleibt nun noch der Fall zu untersuchen übrig, in welchem der afficirte Punkt innerhalb desselben sich befindet.

III.

Man nimmt gewöhnlich an, dass ein homogener Magnet auf einen Punkt in seinem Innern ebenso wirkt, wie die Oberflächenladung, welche bezüglich der Wirkung nach aussen dem Magnete äquivalent ist, und identificirt überhaupt das Potential dieser Ladung mit dem Potentiale des homogen magnetischen Körpers. Es sind aber damit stillschweigend zwei Voraussetzungen gemacht, erstens dass der homogene Magnet aus Platten bestehe, deren Abstände von einander verschwindend klein sind gegen ihre Dicken, und zweitens, dass der afficirte Punkt, wenn er innerhalb des Magnetes sich befin-

det, auch im Innern einer der Platten liegt, welche den Magnet constituiren. Denn nur unter diesen Voraussetzungen über die Lage des Angriffspunktes heben sich die Wirkungen der einander zugekehrten entgegengesetzten Belegungen der aufeinanderfolgenden Platten bis auf die der unbedeckten Ränder auf.

Behält man die Voraussetzung über die Dicke der Platten bei, denkt sich aber den Punkt in dem Zwischenraume zwischen zwei aufeinander folgenden Platten, so heben sich die Wirkungen der dem Punkte zugekehrten entgegengesetzten Ladungen nicht auf, sondern sie summiren sich.

Eine unendlich ausgedehnte Ebene, welche mit Masse von der Dichte σ belegt ist, wirkt auf einen Punkt von der Masse 1 mit einer Kraft, welche senkrecht zur Ebene gerichtet ist und die Grösse $2\pi\sigma$ hat. Mit derselben Kraft wirkt auch ein endliches Stück einer Ebene auf einen Punkt, wenn seine Distanz von der Belegung verschwindend klein ist gegen seine Distanzen vom Rande derselben.

Die beiden Belegungen, welche den in Betracht gezogenen Punkt umgeben, wirken daher auf diesen mit einer Kraft

$$4\pi\sigma = 4\pi\mu = 4\pi ni$$

in der Richtung der magnetischen Axe und diese Kraft ist zu der von der Oberflächenladung ausgehenden hinzuzufügen, um die ganze Wirkung des homogenen Magnetes auf diesen Punkt zu erhalten.

Der soeben betrachtete Fall ist, wie schon in (I) hervorgehoben wurde, derjenige, welcher auch für einen inneren Punkt die Analogie zwischen einem homogen magnetisirten Körper und einem diesen Körper umfliessenden Stromsysteme darstellt. Ersetzt man nämlich einen elektrischen Strom durch eine magnetische Platte, so ist die Dicke derselben nicht vorgeschrieben, sondern nur ihr Moment. Man kann also das gegebene Stromsystem immer durch Platten ersetzen der Art, dass ihre Distanzen verschwindend klein werden gegen ihre Dicken. Wenn man nur den Angriffspunkt zwischen zwei aufeinander folgenden Platten liegend annimmt, so besteht die Äquivalenz zwischen der Action des Plattensystems und jener des Stromsystems aufrecht.

Es ergibt sich also aus dem Vorhergehenden der Satz, dass das Stromsystem auf einen inneren Punkt eine Kraft ausübt, welche die Resultante zweier Componenten ist. Die erste Componente liefert die nach dem Gesetze $ni \cos\theta$ auf der Oberfläche des umströmten Körpers vertheilte magnetische Ladung, die zweite Componente ist $4\pi ni$ und nach der Axe des Stromsystems gerichtet.

IV.

Dieses Resultat kann man noch auf eine andere Weise gewinnen.

Ein elektrischer Strom in einer ebenen, geschlossenen Bahn wirkt auf einen Magnetpol, wie eine unendlich dünne, von der Strombahn begrenzte, transversal magnetisirte Platte. Dieser Satz gilt nicht nur in dem Sinne, in welchem er im Vorhergehenden angewendet wurde, sondern auch noch in dem andern, dass die Platte eine unendliche Ausdehnung besitzt, von der Strombahn aber insofern begrenzt wird, als diese aus der unendlichen Platte ein Stück ausschneidet.

Die Art der Magnetisirung dieser Platte muss aber die entgegengesetzte sein von jener, welche der endlichen vom Strom begrenzten zukommt. Zwischen der Intensität des Stromes i und dem magnetischen Momente der Platte besteht aber in beiden Fällen dieselbe Relation, nämlich die Stromstärke muss gleich sein dem auf die Einheit der Fläche entfallenden Momente.

Dass diese Erweiterung des obigen Satzes berechtigt ist, folgt unmittelbar daraus, dass eine unendlich ausgedehnte volle magnetische Platte auf einen äusseren Punkt keine Kraft ausübt. Fügt man also zu der vom Strom begrenzten und ihm äquivalenten Platte eine unendlich ausgedehnte, aber entgegengesetzt magnetisirte hinzu, so bleibt die ausgeschnittene als dem Strome ebenfalls äquivalent übrig, weil die vom Strom begrenzten Theile sich aufheben.

Ein System von elektrischen Strömen, welche einen Körper in unmittelbar aufeinanderfolgenden parallelen Bahnen umfliessen, kann also auch ersetzt werden durch ein System von unendlich ausgedehnten magnetischen Platten der Art, dass der

von den Strömen umflossene Körper eine Höhlung in diesem Plattensysteme bildet.

Um die Wirkung dieses Systemes auf einen Punkt in der Höhlung zu finden, kann man die Platten so wählen, dass ihre Abstände verschwindend klein werden gegen ihre Dicken. Die unmittelbar aneinander liegenden entgegengesetzten Belegungen zweier aufeinanderfolgender Platten heben sich wieder in ihren Wirkungen auf bis auf die an der Oberfläche der Höhlung übrig bleibenden uncompensirten Ränder.

Diese letzteren liefern zusammen dieselbe Oberflächenladung, welche im Vorhergehenden gefunden wurde.

Es bleiben aber jetzt an den beiden Grenzebenen des Plattensystems zwei unendlich ausgedehnte Belegungen übrig, welche nicht compensirt sind und die zu den von der Oberflächenladung ausgehenden Kräften noch den Zusatz

$$4\pi\sigma = 4\pi\mu = 4\pi ni$$

liefern.

Wenn der vom Stromsysteme umflossene Körper auf dem einen oder auf beiden Enden der Axe von einer ebenen Fläche begrenzt ist, so bleibt nach der gewählten Construction eine solche Fläche ohne jede Belegung. Die Übereinstimmung der Oberflächenladung mit der früher gefundenen muss also erst durch Hinzufügung der entsprechenden Belegung auf diese Fläche hergestellt, zugleich aber auch eine gleiche, jedoch dem Zeichen nach entgegengesetzte, hinzugegeben werden. Diese letztere ergänzt die freie Belegung der letzten Platte zu einer vollen unendlich ausgedehnten.

V.

Zur Bestimmung der Kräfte, welche die Oberflächenladung auf einen äusseren oder inneren Punkt ausübt, kann man statt der directen Berechnung eine andere Methode anwenden, welche in manchen Fällen auf eine sehr einfache Weise zum gewünschten Ziele führt.

Man kann einen homogenen Magnet auch auffassen als ein System von zwei gleichen Körpern, von denen der eine nur positive, der andere nur negative magnetische Masse enthält,

der erstere aber gegen den zweiten um eine sehr kleine Strecke in der Richtung der magnetischen Axe verschoben ist.

Verschiebt man einen Körper in einer bestimmten Richtung um die Strecke λ, so beschreibt ein Element ω der Oberfläche des Körpers ein Prisma, dessen Inhalt durch $\omega\lambda\cos\theta$ gegeben ist, worin θ den Winkel zwischen λ und der Normale zu ω bedeutet. Decken sich ursprünglich zwei gleiche Körper, von denen der eine positive, der andere negative Masse von der gleichförmigen Dichte ρ enthält und verschiebt man die beiden um die Strecke λ gegeneinander, so wird dadurch an dem Oberflächenelemente ω die Masse $\rho\omega\lambda\cos\theta$ frei und richtet sich das Zeichen dieser Masse nach dem Zeichen des Cosinus des Winkels, welchen die nach auswärts gezogene Normale zu ω mit der Verschiebungsrichtung bildet.

Dieses System zweier gegeneinander verschobenen Körper wirkt daher nach aussen und nach innen wie eine Oberflächenladung von der Dichte $\rho\lambda\cos\theta$. Es wirkt also auch, wie ein homogener Magnet von dem magnetischen Momente μ in der Volumseinheit, sobald

$$\rho\lambda = \sigma = \mu$$

gewählt wird.

Eine homogenmagnetische Kugel z. B. kann ersetzt werden durch zwei Kugeln von der Dichte $+\rho$ und $-\rho$, deren Mittelpunkte gegeneinander um das Stück λ in der Richtung der magnetischen Axe verschoben sind.

Auf einen äusseren Punkt wirkt jede der beiden Kugeln so, als wäre ihre ganze Masse in ihrem Centrum vereinigt, beide zusammen also wie ein kleiner Magnet, der in der Mitte der Magnetkugel sich befindet. Sein magnetisches Moment ist, wenn a den Radius der Kugel darstellt,

$$\frac{4\pi a^3}{3}\rho\lambda = \frac{4\pi a^3}{3}\mu = m$$

und bedeutet m das gesammte magnetische Moment der Magnetkugel.

Liegt der afficirte Punkt im Inneren, so üben von der positiven und negativen Kugel die diesen Punkt umschliessenden

Kugelschalen keine Kräfte auf ihn aus, sondern nur jene inneren Kugeln, zu denen er Oberflächenpunkt ist.

Legt man den Anfangspunkt der Coordinaten in das Centrum der positiven Kugel und sind x, y, z die Coordinaten des afficirten Punktes, so wirkt die positive Kugel auf ihn mit den Kräften

$$\frac{4\pi\rho}{3}x,\ \frac{4\pi\rho}{3}y,\ \frac{4\pi\rho}{3}z,$$

nach den drei Coordinatenaxen.

Wählt man die Axe der x zur magnetischen Axe, so hat man in ihr um λ hinter dem Anfangspunkte das Centrum der negativen Kugel, und die Kräfte, welche diese auf den betrachteten Punkt ausübt, sind

$$-\frac{4\pi\rho}{3}(x+\lambda),\ -\frac{4\pi\rho}{3}y,\ -\frac{4\pi\rho}{3}z.$$

Die Resultante aus diesen und den früheren ist also eine in der Richtung der magnetischen Axe wirkende Kraft

$$-\frac{4\pi\rho}{3}\lambda=-\frac{4\pi\sigma}{3}=-\frac{4\pi\mu}{3}=-\frac{m}{a^3}$$

deren Grösse unabhängig ist von der Lage des Punktes innerhalb der Magnetkugel.

Ein homogenes Ellipsoid wirkt, wie aus der Attractionslehre bekannt ist, auf einen inneren Punkt mit Kräften, welche lineare Functionen der Coordinaten des Punktes sind. Nimmt man das Centrum des Ellipsoides zum Anfangspunkt der Coordinaten, und wählt die Axen des Ellipsoides zu Coordinatenaxen, so können die nach den drei Coordinatenaxen geschätzten Kräfte, mit welchen ein Ellipsoid von der Dichte ρ auf einen inneren Punkt wirkt, ausgedrückt werden durch

$$A\rho x,\ B\rho y,\ C\rho z,$$

worin A, B, C, nur von den Verhältnissen der drei Halbaxen a, b, c abhängig sind.

Denkt man sich ein gleich grosses Ellipsoid von der Dichte $-\rho$, dessen Centrum gegen das des anderen um das sehr kleine

Stück λ verschoben ist, so wirkt dieses auf den früher in Betracht gezogenen Punkt mit den Kräften

$$-A\rho(x+\lambda\cos u),\quad -B\rho(y+\lambda\cos v),\quad -C\rho(z+\lambda\cos w)$$

worin u, v, w die Winkel darstellen, welche die Linie λ mit den Axen des Ellipsoides bildet.

Beide Ellipsoide zusammen stellen ein homogenmagnetisches Ellipsoid dar, und ein solches übt auf einen inneren Punkt eine Kraft aus, deren Componenten durch

$$\begin{aligned}
-A\rho\lambda\cos u &= -A\mu\cos u = -A\alpha\\
-B\rho\lambda\cos v &= -B\mu\cos v = -B\beta\\
-C\rho\lambda\cos w &= -C\mu\cos w = -C\gamma
\end{aligned}$$

gegeben sind, worin noch mit α, β, γ die nach den Axen geschätzten Componenten des magnetischen Momentes der Volumseinheit bezeichnet wurden.

Die Resultante dieser Kräfte hat im Allgemeinen nicht mit der Axe des magnetischen Momentes gleiche Richtung, die beiden fallen nur dann zusammen, wenn die magnetische Axe einer der Axen des Ellipsoides parallel ist.

Es ist aber festzuhalten, dass die auf solche Art berechneten Kräfte eines Magnetes, für den Fall als der Angriffspunkt innerhalb des Magnetes liegt, nur dann die Wirkung desselben richtig angeben, wenn der Magnet aus Platten besteht, deren Abstände gegen ihre Dicken verschwindend klein sind, und der Angriffspunkt selbst innerhalb einer solchen Platte sich befindet, dass hingegen für einen zwischen zwei Platten liegenden Punkt eine der Richtung der magnetischen Axe parallele Kraft $4\pi\mu$ zu den nach dem angegebenen Verfahren berechneten Kräften hinzuzufügen kommt.

VI.

Ein System von elektrischen Strömen, welche eine Kugel in unmittelbar aufeinander folgenden Parallelkreisen umfliessen, wirkt also auf einen äusseren magnetischen Punkt ebenfalls wie ein unendlich kleiner in der Mitte der Kugel befindlicher Magnet, dessen magnetisches Moment

$$\frac{4\pi a^3}{3}\mu = \frac{4\pi a^3}{3} ni$$

mit der Axe des Stromsystemes gleich gerichtet ist.

Auf einen Punkt im Innern der Kugel aber entfällt die Kraft

$$-\frac{4\pi}{3} ni + 4\pi ni = \frac{8\pi}{3} ni$$

welche der Axe des Stromsystems parallel und im ganzen inneren Raume constant ist.

Ein solches eine Kugel umkreisendes Stromsystem kann demnach zur Herstellung einer exacten Tangentenboussole verwendet werden, oder zur Herstellung eines dieser analogen Dynamometers. Es liefert eine Magnetisirungsspirale von constanter magnetisirender Kraft.

Der von einem solchen Stromsysteme umflossene Kugelraum stellt, die Wirkung des Erdmagnetismus mit inbegriffen, ein homogenes magnetisches Feld dar, dessen Richtung und Intensität beliebig abgeändert werden können. Man kann z. B. durch ein solches Stromsystem die Wirkung des Erdmagnetismus ganz aufheben also auch einen Magnet exact astasiren.

Dieselben Eigenschaften besitzt auch ein System von Strömen, welche ein Ellipsoid in parallelen Bahnen umkreisen.

Ein Rotationsellipsoid z. B., dessen halbe Rotationsaxe a grösser ist als der Radius b des Äquators, wirkt, wenn es homogen magnetisirt und die magnetische Axe mit a zusammenfällt, auf einen inneren Punkt mit einer Kraft

$$-4\pi\mu . \frac{b^2}{a^2} . \frac{1}{\varepsilon^3}\left(\frac{1}{2}\log\frac{1+\varepsilon}{1-\varepsilon} - \varepsilon\right) = -\mu . A$$

worin

$$\varepsilon^2 = \frac{a^2-b^2}{a^2}$$

gesetzt ist und μ das magnetische Moment der Volumseinheit bedeutet.

Ein System von Strömen, welches das Ellipsoid in Parallelkreisen umfliesst, wirkt daher auf einen inneren Punkt mit der Kraft

$$4\pi ni\left[1-\frac{b^2}{a^2}\cdot\frac{1}{\varepsilon^3}\left(\frac{1}{2}\log\frac{1+\varepsilon}{1-\varepsilon}-\varepsilon\right)\right]$$

nach der Richtung der Axe a.

Die Grösse dieser Kraft kommt um so näher an $4\pi ni$, je grösser a im Verhältniss zu b wird, z. B. für $a = 10b$ wird die Kraft nahe

$$= 4\pi ni\left(1-\frac{1}{50}\right).$$

Einen andern einfachen Fall bietet ein Ring. Ist dieser derart homogen magnetisirt, dass die magnetische Axe in irgend einem Punkte desselben in die Tangente des Kreises fällt, welcher aus der Axe des Ringes in einer zu ihr senkrechten Ebene durch diesen Punkt geführt werden kann, so übt er weder auf einen äusseren noch auf einen inneren Punkt eine Kraft aus, indem die ihm entsprechende Oberflächenladung überall die Dichte Null hat.

Ein Stromsystem, welches einen solchen Ring spiralförmig umfliesst, wirkt daher auf einen äusseren Punkt ebenfalls nicht, auf einen inneren aber mit der Kraft $4\pi ni$ in tangentialer Richtung.

B. Über die Wirkung eines Magnetes auf einen inneren Punkt.

VII.

Es hat sich im Vorhergehenden herausgestellt, dass bei der Bestimmung der Kräfte, welche ein Magnet in seinem Innern ausübt, unterschieden werden müsse, ob der Angriffspunkt innerhalb der den Magnet constituirenden Elemente liege oder ausserhalb derselben. Dieser Gegenstand soll nun eingehender untersucht werden.

Es soll zuerst wieder angenommen werden, der Magnet bestehe aus Platten, doch soll die vorhin gemachte Voraussetzung, dass die Abstände der Platten verschwindend klein sind gegen ihre Dicken, fallen gelassen und das Verhältniss zwischen Abstand und Dicke als beliebig betrachtet werden.

Die Platten sollen alle gleich dick, die Dicke einer Platte $= \Delta$, die Abstände der Platten von einander sollen ebenfalls alle gleich, der Abstand zweier $= \delta$ sein.

Damit dieses System noch dasselbe magnetische Moment besitzt, als das früher angenommene der sich unmittelbar berührenden Platten, müssen die Belegungen eine andere Dichte σ' erhalten, so dass

$$\sigma'\Delta = \sigma(\Delta+\delta) = \sigma\varepsilon$$

wird.

Bei der Berechnung der Wirkung eines solchen Plattensystems auf einen inneren Punkt kann man die entfernteren Platten wieder durch solche ersetzen, welche die Dicke ε und die Ladungsdichte σ besitzen, nur die den Punkt zunächst umgebenden müssen in ihrer wirklichen Beschaffenheit in Rechnung gezogen werden. Die auf einen inneren Punkt ausgeübte Kraft wird also zum Theile wieder durch die von der Oberflächenladung ausgehende gegeben sein, einen anderen Theil werden die den Punkt unmittelbar einschliessenden Platten liefern.

Liegt der Punkt im Innern einer Platte, so wirkt diese auf ihn mit einer Kraft $-4\pi\sigma'$ in der Richtung der magnetischen Axe. Zu dieser kommen nun noch die Kräfte, welche die zwei nächsten uncompensirten Belegungen der auf die Dicke ε verbreiterten Platten ausüben, sie betragen $+4\pi\sigma$, es kommt also im Ganzen zu der von der Oberflächenladung ausgehenden Kraft noch die Componente

$$-4\pi\sigma' + 4\pi\sigma = -4\pi(\sigma'-\sigma)$$

in der Richtung der magnetischen Axe hinzu. Drückt man σ' durch σ aus, so kann man dafür auch schreiben

$$-4\pi\sigma\left(\frac{\Delta+\delta}{\Delta}-1\right) = -4\pi\sigma\frac{\delta}{\Delta} = -4\pi\mu\frac{\delta}{\Delta}.$$

Dieser Zusatz zu der von der Oberflächenladung ausgehenden Kraft ist also von der Dicke und der Distanz der Platten abhängig und verschwindet nur dann, wenn $\delta = 0$.

Geht man von einem Punkte innerhalb einer Platte über zu einem Punkte zwischen zwei Platten, so geht dabei die von der durchschrittenen Belegung ausgeübte Kraft von $-2\pi\sigma'$ in $+2\pi\sigma'$

über, ändert sich also im Ganzen um $+4\pi\sigma'$. Für einen Punkt zwischen zwei Platten kommt also zu der von der Oberflächenladung ausgehenden Kraft die Componente

$$-4\pi(\sigma'-\sigma)+4\pi\sigma' = 4\pi\sigma = 4\pi\mu$$

nach der Richtung der magnetischen Axe hinzu und ist dieser Zusatz unabhängig von der Dicke und der Distanz der Platten.

Bewegt sich ein Magnetpol durch das Plattensystem frei hindurch, so wechseln die auf ihn wirkenden Kräfte fortwährend ihre Intensitäten und auch ihre Richtungen. Betrachten wir speciell eine Bewegung nach der magnetischen Axe und sehen von äusseren Kräften ab, so ist die auf den bewegten Punkt wirkende Kraft negativ, so lange er sich im Innern einer Platte befindet; sie wird positiv, wenn er zwischen zwei Platten tritt. Dies ist deshalb der Fall, weil die nach der magnetischen Axe entfallende Componente der von der Oberflächenladung ausgehenden Kraft immer negativ und dem absoluten Werthe nach kleiner ist als $4\pi\sigma$.

Die inneren Zusatzkräfte sind jedoch so beschaffen, dass sie bei der Bewegung des magnetischen Punktes durch eine endliche Strecke weder eine endliche Arbeit leisten, noch eine solche consumiren.

Die im Innern einer Platte wirksame Kraft $-4\pi\sigma\frac{\delta}{\Delta}$ arbeitet nämlich durch die Strecke Δ, die zwischen zwei Platten wirksame $+4\pi\sigma$ durch die Strecke δ, die Summe der Arbeiten beider ist daher

$$-4\pi\sigma\frac{\delta}{\Delta}.\Delta+4\pi\sigma.\delta = 0.$$

Es ist daher die Bewegung einer durch das Plattensystem frei beweglichen magnetischen Masse, wenn sich dieselbe über eine endliche Bahn ausdehnt, immer durch das Potential der Oberflächenladung vollständig bestimmt, die aus diesem abgeleiteten Kräfte stellen in gewissem Sinne die mittleren Werthe der actuell im Innern des Magnetes thätigen Kräfte dar.

VIII.

Die soeben gefundenen Resultate lassen sich auch ausdehnen auf den allgemeinen Fall eines Magnetes, welcher aus einzelnen magnetisirten Molecülen besteht. Auch ein derartig constituirter homogener Magnet lässt sich in Bezug auf seine Fernwirkung ersetzen durch eine Oberflächenladung. Was aber seine Wirkung auf einen inneren Punkt anbelangt, so sind die actuell auf diesen Punkt wirkenden Kräfte den von der Oberflächenladung ausgehenden nicht gleich. Die Abweichungen zwischen denselben werden abhängig von der Gestalt und Lagerung der Molecüle sein und von Ort zu Ort nach Richtung und Grösse variiren.

Für eine Bewegung durch eine endliche Strecke hindurch wird jedoch die Arbeit der wirklich thätigen Kräfte immer wieder durch das Potential der Oberflächenladung bestimmt sein, und zwar muss dies gelten, mag die Bahn die Molecüle durchschneiden oder dieselben umfahren. Sonst wären Bewegungen in geschlossenen Bahnen ausführbar, bei welchen fortwährend lebendige Kraft gewonnen würde. Dies ist aber, so lange nur von magnetischen Massen ausgehende Kräfte zur Wirkung kommen, nicht möglich.

Die actuellen, auf Punkte im Innern eines Molecüls wirkenden Kräfte lassen sich in ähnlicher Weise, wie im vorhergehenden Abschnitte die Kräfte für einen inneren Punkt einer Platte bestimmt wurden, berechnen. Es wird genügen, einen speciellen Fall zu betrachten, um die Methode dieser Berechnung deutlich zu machen. Ein homogener Magnet bestehe aus gleichförmig im Raume vertheilten kugelförmigen Molecülen. Alle Molecüle seien in gleicher Weise magnetisirt und jedes einzelne stelle selbst wieder einen homogenen Magnet dar.

Die Molecüle, welche ein einzelnes bestimmtes umgeben, kann man als in Kugelschalen gelagert annehmen. Beschreibt man aus dem Mittelpunkte dieses Molecüls eine Kugel, welche alle umliegenden Molecüle berührt und aus ihrem Raume ausschliesst, so kann man alle ausserhalb dieser Kugel gelegenen Molecüle zusammen als einen homogenen Magnet betrachten, welcher von zwei Oberflächen, der äusseren und der inneren

kugelförmigen begrenzt ist. Seine Wirkung auf einen Punkt im Innern des centralen Molecüls kann man ersetzen durch die Wirkungen, welche von den Ladungen dieser beiden Oberflächen ausgehen.

Ist μ wieder das magnetische Moment der Volumseinheit des Körpers, so übt die Ladung seiner inneren Oberfläche auf einen von ihr eingeschlossenen Punkt eine Kraft

$$+\frac{4\pi\mu}{3}$$

in der Richtung der magnetischen Axe aus. Diese Kraft ist also zunächst zu den von der Ladung der äusseren Oberfläche ausgehenden hinzuzufügen, wenn der Angriffspunkt im Innern der construirten Schale, also auch, wenn er im Innern des centralen Molecüls liegt.

Das letztere selbst wirkt aber auf einen solchen Punkt, wie in (V.) gefunden worden, mit einer Kraft

$$-\frac{m}{a^3}$$

in der Richtung seiner magnetischen Axe, wenn m das magnetische Moment, a den Radius des Molecüls bedeutet.

Es kommt also im Ganzen zu den durch das magnetische Potential bestimmten Kräften nach der Richtung der Axe die Kraft

$$-\frac{m}{a^3}+\frac{4\pi\mu}{3}$$

hinzu.

Man kann m durch μ ausdrücken, wenn N, die Anzahl der Molecüle in der Volumseinheit, gegeben ist. Es ist

$$\mu = Nm,$$

also wird die Zusatzkraft

$$-\frac{\mu}{Na^3}+\frac{4\pi\mu}{3}=-\frac{4\pi\mu}{3}\left(\frac{1}{\frac{4\pi a^3}{3}N}-1\right).$$

$\frac{4\pi a^3}{3}N$ bedeutet den von den Molecülen in der Volumsein-

heit wirklich erfüllten, $1 - \frac{4\pi a^3}{3} N$ den leeren Raum. Bezeichnet man ersteren mit Δ, letzteren mit δ, so dass

$$\Delta + \delta = 1,$$

so erhält man für die Zusatzkraft den Ausdruck

$$-\frac{4\pi\mu}{3}\left(\frac{1}{\Delta} - 1\right) = -\frac{4\pi\mu}{3}\frac{\delta}{\Delta}.$$

Auf einen ausserhalb des Molecüls liegenden Punkt wirkt dieses mit einer Kraft, deren Richtung und Grösse von der Lage des Punktes abhängig ist. Berechnet man die Mittelwerthe der nach der magnetischen Axe und zwei darauf senkrechten Axen entfallenden Componenten dieser Kraft für den ganzen ausserhalb des Molecüls und innerhalb der die äusseren Molecüle abschliessenden Kugelfläche enthaltenen Raum, so findet man dieselben gleich Null. Es bleibt also für einen Punkt in diesem Raume nur die von der Belegung der letzteren Kugelfläche ausgehende, zur magnetischen Axe parallele Kraft

$$+\frac{4\pi\mu}{3}$$

übrig.

Zieht man durch den Magnet eine zur magnetischen Axe parallele endliche Linie, so wird diese zum Theil durch erfüllten, zum Theil durch leeren Raum gehen, und wenn die Molecüle nach allen Richtungen gleichförmig im Raume vertheilt sind, so wird sich der Theil der Linie, welcher innerhalb, zu jenem, welcher ausserhalb der Molecüle liegt, verhalten, wie der erfüllte Raum zum leeren, wie Δ zu δ. Ist die Länge der Linie $= 1$, so bedeuten Δ und δ geradezu die Strecken innerhalb und ausserhalb der Molecüle.

Die Arbeit, welche die Zusatzkräfte auf dieser Linie leisten, wird daher

$$-\frac{4\pi\mu}{3}\frac{\delta}{\Delta}.\Delta + \frac{4\pi\mu}{3}.\delta = 0$$

also die Arbeit der actuellen Kräfte durch das Potential der Oberflächenladung vollständig bestimmt sein.

Obwohl in dem leeren Raume zwischen den Molecülen im Mittel genommen eine zur magnetischen Axe parallele Kraft neben den von der Oberflächenladung ausgehenden wirksam ist, so ist doch die endliche Bewegung eines Punktes, welcher alle Molecüle, denen er auf seinem Wege begegnet, umfährt, durch die von der Oberflächenladung ausgehenden Kräfte allein bestimmt. Denn bei der Umfahrung eines Molecüls in einem Bogen, wird dieselbe Arbeit entwickelt wie bei der Durchschneidung des Molecüls in der entsprechenden Sehne. Für eine derartige Bewegung hat auch der angegebene Mittelwerth der extramolecularen Kraft keinen Sinn, da bei dieser Bewegung nicht mehr alle Theile des leeren Raumes in gleichmässigen Anspruch kommen.

Die Resultate dieser Untersuchung sind also folgende.

Durch die Grösse, welche man magnetisches Potential eines Magnetes nennt, sind die Kräfte, welche innerhalb desselben thätig sind, nicht vollständig bestimmt, mag der Angriffspunkt innerhalb oder ausserhalb eines der Molecüle liegen, welche den Magnet constituiren. Speciell in dem Falle, in welchem der Angriffspunkt innerhalb eines Molecüls liegt, kommt zu der durch das Potential gegebenen Kraft noch eine der Richtung der magnetischen Axe entgegen wirkende Kraft hinzu, deren Grösse abhängig ist von der Gestalt der Molecüle und ihrer Vertheilung im Raume.

Durch das magnetische Potential ist jedoch immer die Arbeit, welche die Kräfte in einer endlichen Bahnstrecke leisten, vollständig gegeben.

Es ist bisher zwar immer vorausgesetzt worden, dass der Magnet homogen sei, es lassen sich aber diese Resultate auch auf Magnete überhaupt ausdehnen. Handelt es sich um die Bestimmung der Kräfte, welche in einem inneren Punkte eines solchen Magnetes thätig sind, so kann man immer um diesen Punkt einen sehr kleinen, aber doch eine grosse Zahl von Molecülen umfassenden Raum herausheben, und die innerhalb desselben liegenden Molecüle als homogenmagnetisch ansehen. Für diesen Raum lässt sich die Untersuchung wie vorhin führen. Die Wirkung der im übrigen Raume vorhandenen Molecüle aber ist als Fernwirkung durch das Potential dieses Theiles des Magnetes vollständig bestimmt.

IX.

Der magnetische Zustand der Molecüle eines Magnetes kann aber nicht blos in einer Vertheilung der magnetischen Fluida auf ihrer Oberfläche bestehen, sondern kann auch in elektrischen Strömen, welche die Molecüle umkreisen, seinen Grund haben.

Auch wenn der letztere Fall der wirkliche ist, wird die Bewegung in einer endlichen, die Molecüle des Magnetes umfahrenden Bahn durch die Kräfte der magnetischen Oberflächenladung bestimmt sein. Denn mit Rücksicht auf seine Wirkung nach aussen unterscheidet sich ein solches Molecül nicht von einem mit magnetischem Fludium versehenen.

Anders gestaltet sich jedoch die Sache für eine Bewegung, in einer Bahn, welche die Molecüle durchschneidet. Innerhalb des Raumes, welchen die Ströme umfliessen, tritt dann eine in der Richtung der magnetischen Axe wirkende Kraft $= 4\pi ni$ zu den andern hinzu, welche bei einer für die Aussenwirkung äquivalenten magnetischen Ladung vorhanden sind.

ni kann auch ersetzt werden durch das magnetische Moment der Volumseinheit des umströmten Raumes. Ist dieser v, und m das magnetische Moment des Molecüls, so ist

$$ni = \frac{m}{v}$$

und die neue innerhalb des Stromraumes wirkende Kraft

$$4\pi ni = \frac{4\pi m}{v}.$$

Bedeutet wieder N die Anzahl der Molecüle in der Volumseinheit und μ das magnetische Moment des Magnetes in derselben, so ist

$$Nm = \mu$$

und

$$Nv = \Delta$$

der von Strömen umflossene Raumtheil im Volumen Eins. Es ist demnach

$$4\pi ni = 4\pi\mu . \frac{1}{\Delta}.$$

Zieht man eine Linie von der Länge Eins durch den Magnet parallel zur magnetischen Axe, so liegt von dieser eine Strecke von der Länge Δ innerhalb der umströmten Räume. Auf dieser Strecke entwickelt obige Kraft die Arbeit

$$4\pi\mu . \frac{1}{\Delta} . \Delta = 4\pi\mu$$

und ist durch diese in der Einheit des Weges gethane Arbeit zugleich der mittlere Werth der Kraft in dieser Bahn bestimmt.

Die Arbeiten der übrigen im leeren und umströmten Raume wirkenden inneren Zusatzkräfte tilgen sich bei dieser Bewegung gegenseitig, wie in dem Falle, wenn die Molecüle mit magnetischen Flüssigkeiten geladen sind.

In einem aus elektrischen Elementarströmen bestehenden Magnete ist demnach auch für eine Bewegung durch eine endliche Strecke die Arbeit der Kräfte durch das magnetische Potential nicht vollständig bestimmt, sondern ist in jedem inneren Punkte eine zur magnetischen Axe parallele Kraft $4\pi\mu$ zu den durch das Potential gegebenen hinzuzufügen. Jedoch kommt diese nur bei solchen Bewegungen in Rechnung, deren Bahnen endlich gekrümmt die Molecüle durschneidend den Raum durchmessen.

Die Bewegung in einer geschlossenen Bahn hat auch in diesem Falle keinen Gewinn oder Verlust von lebendiger Kraft zur Folge, wenn die Bahn ganz innerhalb des Magnetes liegt. Hingegen tritt ein Gewinn oder Verlust von lebendiger Kraft immer ein, sobald die Bahn die Oberfläche des Magnetes durchschneidet. Das Äquivalent dieser lebendigen Kraft bildet die durch die Induction in den Stromintensitäten der durchsetzten Molecüle eingetretene Veränderung.

C. Über die Theorie der magnetischen Induction.

X.

Die Wirkung eines Magnetes auf einen Punkt im Inneren eines Molecüls setzt sich, wie im vorigen Abschnitte gefunden wurde, zusammen aus der durch das magnetische Potential bestimmten und aus einer von der Gestalt des Molecüls und der Anordnung der Molecüle abhängigen Kraft, welche letztere der Richtung der magnetischen Axe entgegenwirkt.

Dieser Satz bildet die Basis der Theorie der magnetischen Induction, wie selbe von Poisson entwickelt worden, und der mit ihr identischen Theorie der dielektrischen Polarisation.

Poisson betrachtet einen Körper aus weichem Eisen als ein System von unendlich vielen, unendlich kleinen Kugeln, welche im unmagnetisirten Zustande die magnetischen Fluida in neutraler Mischung enthalten. Die Magnetisirung eines Molecüls durch eine äussere magnetische Kraft geschieht durch Trennung der Fluida in derselben Weise, wie man sich die Elektrisirung eines guten Leiters durch eine äussere vertheilende Kraft vorstellt. Die magnetischen Fluida scheiden sich an der Oberfläche der Molecüle aus, das Molecül selbst aber können sie nicht verlassen.

Das Gleichgewicht der magnetischen Vertheilung in jedem Molecül ist durch dieselbe Bedingung, wie das Gleichgewicht der Vertheilung der Elektricität in einem guten Leiter bestimmt. Die Resultante aller auf einen inneren Punkt des Molecüls wirkenden magnetischen Kräfte muss Null sein.

Diese Kräfte sind nun, erstens die äusseren magnetisirenden, zweitens jene, welche aus der im Eisenkörper hervorgerufenen Vertheilung der magnetischen Masse entspringen. Die ersteren sind in jedem speciellen Falle gegeben. Die letzteren sind bestimmt durch das magnetische Potential des magnetisirten Eisens, und durch die der magnetischen Axe des Molecüls parallel wirkende Kraft

$$-\frac{4\pi\mu}{3}\cdot\frac{\delta}{\Delta}=-\frac{\mu}{k}$$

worin μ, δ und Δ dieselben Bedeutungen haben, wie in (VIII.) und abkürzend

$$\frac{4\pi\delta}{3\Delta}=\frac{1}{k}$$

gesetzt ist. k ist eine reine Zahl und heisst die Magnetisirungszahl des Eisens.

Um zuerst ein Beispiel auszuführen, so ist aus dem früheren bekannt, dass die durch das magnetische Potential einer homogen magnetischen Kugel bestimmte Kraft für alle Punkte im

Innern der Kugel die constante Grösse $-\frac{4\pi\mu}{3}$ und die constante Richtung der magnetischen Axe der Kugel hat. Dieser und der ebenfalls constanten und gleich gerichteten Kraft $-\frac{\mu}{k}$ kann also nur durch eine äussere ebenfalls constante, nach der magnetischen Axe wirkende Kraft P Gleichgewicht gehalten werden. Eine solche Kraft P liefert z. B. der Erdmagnetismus, oder eine kugelförmige, oder eine ellipsoidische Magnetisirungsspirale.

Umgekehrt, durch eine constante Kraft P wird eine Eisenkugel zu einem homogenen Magnet, dessen magnetische Axe in die Richtung der Kraft P fällt, und das auf die Volumseinheit entfallende Moment μ ist bestimmt durch

$$P-\frac{4\pi\mu}{3}-\frac{\mu}{k}=0$$

oder durch

$$\mu=\frac{kP}{1+\frac{4\pi k}{3}}.$$

Ebenso wird ein längliches Rotationsellipsoid durch eine constante, der Rotationsaxe parallel wirkende Kraft P homogenmagnetisch. Die Rotationsaxe ist die magnetische Axe und das Moment der Volumseinheit ist bestimmt durch

$$P-\mu A-\frac{\mu}{k}=0$$

worin A den schon in (VI.) angegebenen Werth

$$4\pi\frac{b^2}{a^2}\cdot\frac{1}{\varepsilon^3}\left(\frac{1}{2}\log\frac{1+\varepsilon}{1-\varepsilon}-\varepsilon\right)$$

besitzt.

Ein Ellipsoid wird durch eine constante äussere Kraft immer zu einem homogenen Magnet, die magnetische Axe desselben fällt aber nur dann in die Richtung der Kraft, wenn diese einer der Axen des Ellipsoides parallel ist. Ist dies nicht der Fall, so wird die Bedingung des magnetischen Gleichgewichtes durch drei Gleichungen ausgedrückt, welche man erhält, wenn man alle Kräfte nach den Axen des Ellipsoides zerlegt und die

Bedingung des Gleichgewichtes für jede dieser drei Richtungen aufstellt.

So muss überhaupt im Allgemeinen verfahren werden. Bezeichnet man die nach den Coordinatenaxen gerichteten Componenten der äusseren Kräfte mit $\mathfrak{X}$, $\mathfrak{Y}$, $\mathfrak{Z}$, die Componenten der aus dem magnetischen Potential des Eisenkörpers abgeleiteten Kräfte mit X, Y, Z, endlich die Componenten von μ mit α, β, γ, so ist die Bedingung des magnetischen Gleichgewichtes durch die Gleichungen

$$\mathfrak{X}+X-\frac{\alpha}{k}=0$$

$$\mathfrak{Y}+Y-\frac{\beta}{k}=0$$

$$\mathfrak{Z}+Z-\frac{\gamma}{k}=0$$

gegeben.

Im Allgemeinen sind α, β, γ Functionen der Coordinaten und da dann X, Y, Z nur durch α, β, γ enthaltende Integrale dargestellt werden können, so ist die Lösung der Probleme immer eine sehr schwierige.

Neben den schon behandelten ist nur ein Fall noch sehr einfach, der eines Eisenringes unter dem Einflusse einer tangentialen magnetisirenden Kraft P, wie eine solche durch einen den Eisenring spiralförmig umfliessenden Strom ausgeübt wird. Das magnetische Moment der Volumseinheit ist in diesem Falle durch die Gleichung

$$P-\frac{\mu}{k}=0$$

bestimmmt, da in diesem Falle keine von freien magnetischen Massen ausgehenden Kräfte vorhanden sind.

Nimmt man statt der kugelförmigen Molecüle anders gestaltete, z. B. ellipsoidische an, so erhält die Theorie der Induction eine grössere Allgemeinheit. Die Magnetisirungszahl wird dann von der Richtung abhängig und kann die so erweiterte Theorie zur Erklärung des Verhaltens der Krystalle dienen.

Es lässt sich dies aber auch durch die Annahme von kugelförmigen Molecülen erreichen, wenn man damit noch die weitere

Supposition verbindet, dass die Anordnung der Molecüle nicht nach allen Richtungen dieselbe ist. Der ein Molecül umgebende leere Raum wird dann nicht mehr von einer Kugelschale, sondern von einer andern Fläche begrenzt sein. Man kann in erster Annäherung diese Fläche als ein Ellipsoid betrachten. Legt man die Coordinatenaxen parallel zu den Axen dieses Ellipsoides, so wird die Belegung auf demselben eine Kraft auf einen Punkt im Molecül ausüben, deren Componenten durch

$$A\alpha,\ B\beta,\ C\gamma$$

bestimmt sind. Die Ladung des Molecüls selbst liefert parallel zu denselben Axen die Componenten

$$-\frac{4\pi\alpha}{3}\cdot\frac{1}{\Delta},\quad -\frac{4\pi\beta}{3}\cdot\frac{1}{\Delta},\quad -\frac{4\pi\gamma}{3}\cdot\frac{1}{\Delta},$$

worin Δ wieder den von den Molecülen in der Volumseinheit wirklich erfüllten Raum bedeutet.

Man hat also in diesem Falle

$$-\frac{4\pi\alpha}{3}\cdot\frac{1}{\Delta}+A\alpha=-\alpha\left(\frac{4\pi}{3\Delta}-A\right)=-\frac{\alpha}{k_1}$$

$$-\frac{4\pi\beta}{3}\cdot\frac{1}{\Delta}+B\beta=-\beta\left(\frac{4\pi}{3\Delta}-B\right)=-\frac{\beta}{k_2}$$

$$-\frac{4\pi\gamma}{3}\cdot\frac{1}{\Delta}+C\gamma=-\gamma\left(\frac{4\pi}{3\Delta}-C\right)=-\frac{\gamma}{k_3}$$

und bedeuten k_1, k_2, k_3 die Magnetisirungszahlen nach den Hauptaxen des Ellipsoides, welche zugleich die magnetischen Hauptaxen des Körpers darstellen werden, wenn dieser in allen Theilen gleichartigen Bau besitzt.

XI.

Diese Theorie kann auch angewendet werden zur Erklärung der Elektrisirung nicht leitender Körper durch äussere vertheilende Kräfte. Und eigentlich ist ihre Anwendung auf die Vorgänge der dielektrischen Polarisation eine viel mehr berechtigte, als die zur Erklärung der magnetischen Vertheilung. Die der Theorie zu Grunde gelegte Anschauung, die Eisenmolecüle seien

Kugeln, an deren Oberfläche die magnetischen Fluida durch äussere Kräfte ausgeschieden werden, lässt sich mit den bekannten Thatsachen nicht gut vereinigen. Hingegen ist die Vorstellung, dass ein Nichtleiter der Elektricität aus isolirten Molecülen besteht, welche für sich als gut leitend angesehen und durch Ausscheidung der Elektricität an ihrer Oberfläche auch elektrisirt werden können, nur eine Übertragung von an endlichen Körpern beobachteten Vorgängen auf die Molecüle.

Das Maximum der Magnetisirung, welches in einem Eisenkörper auch bei fortwährend wachsender magnetisirender Kraft nicht überschritten werden kann, und mehr noch die Magnetisirung des Eisens durch rein mechanische Veränderungen desselben, drängen zur Annahme, das Eisen sei ein System von fertigen Magneten. Im unmagnetischen Zustande sind diese so gelagert, dass sie sich in ihren Wirkungen nach aussen gegenseitig aufheben und erst durch eine äussere Kraft werden sie so gedreht, dass eine bestimmte Richtung in ihren magnetischen Axen vorwiegend wird und dadurch der Eisenkörper im Ganzen ein magnetisches Moment erhält.

Die Bedingungen des magnetischen Gleichgewichtes werden nach dieser Anschauung als Gleichungen zwischen Kräftepaaren sich ergeben. Wie bei der früheren Theorie muss auch jetzt angenommen werden, dass die durch das magnetische Potential bestimmten Kräfte allein den äusseren magnetisirenden nicht Gleichgewicht halten, sondern dass neben ihnen noch ein von der Gestalt und Lagerung der Molecüle abhängiges Kräftepaar vorhanden ist, welches den äusseren Kräften entgegen den unmagnetischen Zustand des Körpers herzustellen sucht. Gibt man diesem Paare denselben Arm, wie den aus den andern Kräften resultirenden Paaren, so können die Fundamentalgleichungen der Induction wieder auf dieselbe Form, in welcher sie oben aufgestellt worden sind, gebracht werden, und wird in denselben $-\frac{\mu}{k}$ durch die das moleculare Drehungsmoment repräsentirende Kraft ersetzt sein.

Es ist zu bemerken, dass $-\frac{\mu}{k}$ in der Poisson'schen Theorie die Differenz zweier Kräfte darstellt, einer vom Molecül

ausgehenden und der Magnetisirung entgegen wirkenden und einer von den umliegenden Molecülen ausgeübten, welche die Magnetisirung zu verstärken sucht. Ist das Molecül ein fertiger Magnet, so fällt erstere Kraft weg. Es muss also in diesem Falle angenommen werden, dass andere als magnetische Kräfte, Molecularkräfte gewöhnlicher Art, den ursprünglichen unmagnetischen Zustand des Eisens herzustellen bestrebt sind.

Die Grösse des Momentes, welches diese auf ein Molecül ausüben, wird von der Grösse und Richtung seiner Verdrehung abhängen. Für jedes Molecül besteht ein eigenes System von Gleichgewichtsbedingungen, aus welchen der Beitrag, den dieses zu dem frei gewordenen magnetischen Momente liefert, berechnet werden kann.

Die Summe aller dieser Beiträge, welche von allen Molecülen in einem bestimmten Raumtheile herrühren, gibt dann das in diesem Raumtheil inducirte Moment.

Man erhält so eine Relation zwischen μ und den magnetischen Kräften, welche man wieder auf die Form der Poisson'schen Gleichungen bringen kann, nur wird an die Stelle von $\frac{\mu}{k}$ eine andere Function von μ treten oder was dasselbe ist, die Magnetisirungszahl k wird als Function von μ erscheinen.

XII.

Die Hypothese der drehbaren magnetischen Molecüle hat zuerst Weber einer theoretischen Entwicklung zu Grunde gelegt. Er nimmt an, dass ein Molecül in seine Ruhelage von einem Kräftepaare zurückgeführt wird, dessen Moment durch das Product aus einer Constanten D in den Sinus des Verdrehungswinkels bestimmt ist. Weber scheidet nicht die magnetischen Wirkungen der umliegenden Molecüle von den molecularen Kräften anderer Art ab, die resultirende Wirkung dieser beider ist durch das bezeichnete Kräftepaar ausgedrückt.

Für das magnetische Moment der Volumseinheit ergeben sich zwei Formeln

$$\mu = \frac{2}{3}\frac{mR}{D}, \quad \mu = m\left(1 - \frac{1}{3}\frac{D^2}{R^2}\right)$$

und gilt die erste, wenn R kleiner als D, die zweite, wenn R grösser als D. R bedeutet die Resultate aus der äusseren magnetisirenden Kraft und der durch das magnetische Potential des Eisens bestimmten Kräfte. m stellt das Maximum des in der Volumseinheit Eisen inducirbaren Momentes dar.

Weber hat seine Rechnung nicht mit der Theorie von Poisson in Zusammenhang gebracht, ein Umstand, der manche unberechtigte Anwendung seiner Formeln zur Folge hatte, wie überhaupt die Unkenntniss der Theorie der Induction sehr viel Verwirrung in die experimentellen Untersuchungen und in die Discussionen ihrer Resultate gebracht hat.

Bringt man die aus der Weber'schen Hypothese folgenden Gleichungen in die Form

$$-\frac{\mu}{k}+R=0$$

so erhält man für die Magnetisirungszahl folgende zwei Werthe

$$k=\frac{2m}{3D},\quad k=\frac{\mu}{D}\sqrt{3\left(1-\frac{\mu}{m}\right)}$$

und gilt der erste von $\mu=0$ bis $\mu=\frac{2}{3}m$, der zweite von $\mu=\frac{2}{3}m$ bis $\mu=m$. Es bleibt also innerhalb der ersten zwei Drittel des ganzen inducirbaren Momentes die Weber'sche Theorie in Übereinstimmung mit der Poisson'schen, von der Grenze $\frac{2}{3}m$ an aber wird nach Weber die Magnetisirungszahl immer kleiner, um endlich für $\mu=m$ Null zu werden.

Die Zahl k zeigt jedoch in Wirklichkeit ein ganz anderes Verhalten. Über dieses ist überhaupt erst durch die neuesten von Kirchhoff angeregten und von Stoletow ausgeführten Versuche und die analogen von Rowland, sowie durch die Berechnung älterer von Quintus Icilius gelieferter Daten Klarheit gebracht worden.

Es hat k für kleine Werthe von μ ebenfalls einen kleinen Werth, steigt mit wachsendem μ sehr rasch bis zu einem Maximum, um von da an wieder continuirlich abzunehmen.

Es setzt also das Eisen der anfänglichen Magnetisirung einen sehr bedeutenden Widerstand entgegen, dieser nimmt dann ab bis zu einem kleinsten Werthe, und wächst von da an bis zu einem unendlichen Werthe.

Dasselbe Verhalten zeigt nach den Versuchen von Rowland auch das Nickel. Man kann daraus schliessen, dass diese merkwürdige Eigenthümlichkeit der magnetisirbaren Substanzen in der Natur der magnetischen Kräfte ihren Grund habe.

In der That zeigt schon ein astatisches Paar von Magnetnadeln ein ähnliches Verhalten. Nehmen wir an, es seien zwei lineare Magnete von der Länge λ, an deren Enden die magnetischen Massen $+m$ und $-m$ sich befinden, an einer Axe angebracht, um welche sie gedreht werden können. Wirkt keine äussere Kraft auf dieselben, so sind sie im stabilen Gleichgewichte, wenn sie in einer Ebene liegen, die ungleichnamigen Pole sich zukehrend. In diesem Zustande wirkt auch das Nadelpaar nicht in die Ferne. Werden aber die beiden Nadeln gegeneinander verdreht, so hört die Astasie auf und das Nadelpaar erhält ein magnetisches Moment. Die Verdrehung selbst kann durch die Wirkung einer äusseren magnetischen Kraft hervorgerufen werden.

Werden die beiden Magnete gegeneinander um den Winkel φ verdreht, so ist ihr gegenseitiges Potential gegeben durch

$$V = \frac{2m^2}{\sqrt{c^2+\lambda^2\cos^2\frac{\varphi}{2}}} - \frac{2m^2}{\sqrt{c^2+\lambda^2\sin^2\frac{\varphi}{2}}}$$

und das Drehungsmoment, welches sie in ihre relative Gleichgewichtslage zurückzuführen strebt, durch

$$-\frac{dV}{d\varphi} = m^2\lambda^2 \sin\frac{\varphi}{2}\cos\frac{\varphi}{2}\left[\frac{1}{\left(c^2+\lambda^2\cos^2\frac{\varphi}{2}\right)^{3/2}} + \frac{1}{\left(c^2+\lambda^2\sin^2\frac{\varphi}{2}\right)^{3/2}}\right]$$

Eine äussere Kraft P, in einer zur Drehungsaxe senkrechten Ebene wirkend, sucht die beiden Magnete gegeneinander zu verdrehen und so zu stellen, dass die Halbirungslinie des Winkels der Verdrehung senkrecht zur Richtung der Kraft wird. Das Moment, welcl es sie ausübt, ist

$$m\lambda P\cos\frac{\varphi}{2}$$

und das Gleichgewicht des Nadelpaares unter dem Einflusse dieser Kraft ist bestimmt durch

$$m\lambda \sin\frac{\varphi}{2}\left[\frac{1}{\left(c^2+\lambda^2\cos^2\frac{\varphi}{2}\right)^{3/2}}+\frac{1}{\left(c^2+\lambda^2\sin^2\frac{\varphi}{2}\right)^{3/2}}\right]=P.$$

$2m\lambda \sin\frac{\varphi}{2}$ ist das in der Richtung der Kraft P erzeugte magnetische Moment.

Das Verhältniss dieses Momentes zur Kraft P, welches die Magnetisirungszahl k vorstellt, ist bestimmt durch die Gleichung

$$\frac{1}{k}=\frac{1}{2}\left[\frac{1}{\left(c^2+\lambda^2\cos^2\frac{\varphi}{2}\right)^{3/2}}+\frac{1}{\left(c^2+\lambda^2\sin^2\frac{\varphi}{2}\right)^{3/2}}\right].$$

Ist λ sehr klein gegen c, so ist k constant, bis das Maximum des Momentes erreicht wird, im allgemeinen Falle aber hat k für kleine Werthe von φ einen ebenfalls kleinen Werth, dieser steigt zu einem Maximum, welches bei $\varphi=\frac{\pi}{2}$ erreicht wird, und sinkt dann wieder zu kleineren Grössen herab. Das Maximum des Momentes wird erreicht, wenn $\varphi=\pi$ geworden, und dann hat k wieder seinen Anfangswerth. Das Maximum des Momentes wird durch eine Kraft von bestimmter Grösse erzeugt und die weitere Steigerung der Kraft hat keine Veränderung des Momentes mehr zur Folge. Dividirt man aber fortan das inducirte Moment durch die magnetisirende Kraft, so wird der Quotient k immer kleiner und der Null sich nähernd gefunden werden.

Ein solches astatisches Magnetpaar zeigt also im Allgemeinen ein ähnliches Verhalten, wie das weiche Eisen. Man kann auch annehmen, dass jedes Eisenmolecül aus zwei magnetisirten Molecülen bestehe, welche im natürlichen Zustande ein astatisches System bilden, aber durch äussere Kräfte gegeneinander verdreht werden können. Eine auf diese Hypothese basirte Theorie der Induction wird die in Rede stehende Eigenschaft des weichen Eisens jedenfalls liefern, und damit sie es auch in einer mit der Erfahrung übereinstimmenden Weise thut, dürfte durch geschickte Annahmen über die Wechselwirkung der Elemente eines Molecüls, über andere Molecularkräfte, welche der Ver-

drehung und Umstellung entgegenwirken, zu erzielen sein. Die grosse Complication der Rechnungen einerseits und die Willkürlichkeit der aufzustellenden Hypothesen andererseits laden jedoch zu einem derartigen Versuche durchaus nicht ein.

XIII.

Anstatt Hypothesen über das Verhalten der einzelnen Molecüle zu machen, halte ich es nach dem gegenwärtigen Stande unserer Erfahrungen für angemessener, vorerst auf empirischem Wege das Gesetz zu suchen, durch welches der Mittelwerth aller die Molecüle richtenden Kräfte bestimmt ist und bei der Entwicklung der Theorie von folgendem Satze auszugehen.

Der Zustand des magnetischen Gleichgewichtes in einem durch äussere Kräfte magnetisirten Körper ist bestimmt durch das statische Gleichgewicht zwischen den äusseren Kräften und jenen, welche aus der magnetischen Vertheilung im Körper entspringen. Die letzteren bestehen aus zwei Theilen. Der eine ist durch das magnetische Potential des magnetisirten Körpers bestimmt und besteht aus den Fernwirkungen der im Körper frei gewordenen Magnetismen. Den zweiten Theil bildet eine Molecularkraft, welche in jedem Punkte abhängig ist von der Intensität der magnetischen Vertheilung. Diese kann durch das auf die Volumseinheit entfallende magnetische Moment gemessen werden.

Bedeutet R die Resultante der äusseren Kraft und der aus dem magnetischen Potential sich ergebenden in einem bestimmten Punkte, μ das magnetische Moment der Volumseinheit, und wird die Grösse der Molecularkraft dargestellt durch $-f(\mu)$, so ist die Bedingung des magnetischen Gleichgewichtes ausgedrückt durch

$$-f(\mu)+R=0 \text{ oder } f(\mu)=R$$

und ist die erste Aufgabe jetzt die, die Function $f(\mu)$ aus den Ergebnissen der experimentellen Untersuchungen abzuleiten.

Ich muss hier einschalten, dass schon Neumann das Resultat der Poisson'schen Theorie in die Gleichung $\mu = kR$ gefasst und dass später Kirchhoff statt dieser die allgemeinere $\mu = f(R).R$ aufgestellt hat. Obwohl zwischen dieser Gleichung

und der obigen $f(\mu) = R$ kein wesentlicher Unterschied vom analytischen Standpunkte aus besteht, so besteht doch ein solcher in physikalischer Hinsicht, insofern in meiner Gleichung $f(\mu)$ eine bestimmte physikalische Bedeutung hat.

Wird speciell die Aufgabe gestellt, die Magnetisirungszahl k zu determiniren, so erscheint es mir natürlicher, k als Function von μ aufzufassen als derjenigen Grösse, welche den magnetischen Zustand des Körpers in jedem Punkte unmittelbar charakterisirt.

Es hat auch Rowland bei der graphischen Darstellung zweier seiner Versuche diesen Weg eingeschlagen und die Abhängigkeit der Grössen k und μ von einander auch durch eine Formel dargestellt. Durch diese Formel ist jedoch k nicht explicite als Function von μ gegeben und ist durch dieselbe das durch meine Gleichung angestrebte Ziel nicht erreichbar.

Bei der Aufstellung einer speciellen Formel für $f(\mu)$ können zunächst die allgemeinen Eigenschaften, welche ihr zugeschrieben werden müssen, in Anwendung kommen. Zuerst ist zu bemerken, dass, wenn man ein Molecül oder eine Gruppe von solchen aus dem Magnete ausscheidet und ihre Wirkung auf einen inneren Punkt in die Rechnung einführt, jener Theil der Kräfte doppelt gerechnet erscheint, welcher schon durch das magnetische Potential bestimmt ist. Dieser Theil ist von der Gestalt und Lagerung der Molecüle abhängig und dem Momente μ proportional. Ich setze daher voraus, dass $f(\mu)$ ein negatives, μ proportionales Glied enthält. $f(\mu)$ muss ferner für $\mu = 0$ ebenfalls $= 0$ sein, für $\mu = m$ aber, wenn m das Maximum des inducirbaren Momentes bedeutet, muss $f(\mu)$ unendlich werden. Dem entsprechend nehme ich folgende Formel an:

$$f(\mu) = am\left(\frac{\mu}{m-\mu}\right)^n - b\mu.$$

Zähler und Nenner des in dieser Formel enthaltenen Bruches können auch verschiedene Exponenten haben, nur der Einfachheit wegen wähle ich für beide den gleichen. a und b bedeuten reine Zahlen.

Über n lässt sich noch unmittelbar aussagen, dass es kleiner sein muss als 1, weil das von 0 bis m genommene Integral von

$$f(\mu)d\mu$$

einen endlichen Werth besitzen muss. Dieses Integral stellt nämlich die von der molecularen Kraft bei der Magnetisirung geleistete Arbeit dar.

Da die Magnetisirungszahl k durch die Gleichung

$$\frac{1}{k} = \frac{f(\mu)}{\mu}$$

bestimmt ist, so wird

$$\frac{1}{k} = \frac{am}{\mu^{1-n}(m-\mu)^n} - b.$$

Diese Formel liefert $k = 0$ für $\mu = 0$ und $\mu = m$. Letzteres stimmt auch mit den Ergebnissen der Versuche. Ob auch das erstere richtig ist, lässt sich aus den Versuchen nicht unmittelbar erschliessen, Rowland nimmt im Gegentheile an, dass k für $\mu = 0$ einen bestimmten positiven Werth besitzt. Immerhin treten der Annahme, dass $k = 0$ ist für $\mu = 0$, die Versuche nicht entgegen.

Der Werth von n kann durch die Lage des Maximums, welches k zwischen seinen Endwerthen besitzt, bestimmt werden. Der Ort des Maximums ist gegeben durch die Gleichung

$$(n-1)(m-\mu)+n\mu = 0.$$

Hat k sein Maximum für den Werth $\mu = pm$, unter p einen echten Bruch verstanden, so folgt

$$n = 1-p$$

und die Function $f(\mu)$, sowie die Magnetisirungszahl k sind ausgedrückt durch die Formeln

$$f(\mu) = am\left(\frac{\mu}{m-\mu}\right)^{1-p} - b\mu$$

$$k = \frac{\mu^p(m-\mu)^{1-p}}{am - b\mu^p(m-\mu)^{1-p}}$$

so dass zur vollständigen Bestimmung dieser beiden Grössen vier Constante a, b, m und p aus den Erfahrungsresultaten genommen werden müssen.

XIV.

Ich theile zunächst eine Reihe von Tabellen mit, welche ich nach den von Rowland, Stoletow, v. Quintus Icilius mitgetheilten Daten berechnet habe. Die magnetischen Momente sind auf die von Gauss eingeführte absolute Einheit bezogen. Ich hatte dieselben für alle Tabellen zu rechnen, die Magnetisirungszahlen k nur für die den Versuchen von Rowland entsprechenden, da sie für die andern schon von Stoletow berechnet worden sind.

a) **Eisen.** (Burden's Best.) Rowland.

μ	k	μ	k
55·9	31·01	5947	188·3
477·9	69·05	7177	175·6
769·3	89·76	8021	151·0
1958	154·1	9742	115·2
2326	165·3	10320	100·9
2453	168·9	10850	90·40
3947	193·5	11570	65·50
4362	196·5	12550	36·67
4601	196·6	12950	28·07
5293	194·7	13210	20·45

b) **Eisen.** (Burden's Best.) Rowland.

μ	k	μ	k
79·6	44·48	8276	230·3
747·6	107·5	9303	194·6
1317	153·4	9860	166·1
2971	245·6	10590	128·3
3886	268·0	11490	83·08
4734	286·0	12370	42·02
4741	281·5	13190	20·53
7176	268·4		

c) **Eisen.** (Norway.) Rowland.

μ	k	μ	k
202·9	60·32	4281	366·1
1035	159·5	6183	361·6
2398	174·0	7401	329·4

μ	k	μ	k
8427	292·8	13190	38·12
10670	193·2	13410	28·89
11870	119·8		

d) **Eisen.** v. Quintus Icilius.

μ	k	μ	k
73·20	30·5	5490	120·4
212·2	40·8	5911	110·9
870·0	72·5	6181	119·1
2091	99·1	6690	113·0
2733	113·4	8787	89·3
3939	119·0	11083	62·9
4024	118·7	11938	39·7
4640	120·2		

e) **Eisen.** Stoletow.

μ	k	μ	k
92·67	21·54	9991	120·0
130·6	23·78	10255	112·2
185·5	26·44	10790	97·12
377·6	40·95	10850	108·1
538·1	51·10	10940	104·2
672·2	59·76	11240	93·97
865·6	68·70	11500	82·08
1046	76·53	11630	87·70
1263	84·53	11700	75·43
1630	104·5	11990	66·87
1869	113·5	12120	61·93
3644	157·0	12194	59·22
5595	174·2	12254	56·47
6137	172·3	12300	53·92
6510	170·7	12470	52·88
6820	168·9	12530	49·68
8479	161·6	12630	43·65
9620	141·7	12690	44·04
9783	136·2	12900	47·29
9980	132·1	12950	42·13

f) **Stahl.** (Bessemer.) Rowland.

μ	k	μ	k
26·0	15·2	4481	100·3
612·9	34·2	5680	101·1
1120	47·4	6806	95·0
1976	68·3	9513	66·1
3180	91·7	11010	42·2
4023	99·4	12230	24·9

g) **Stahl.** (Stubb's.) Rowland.

μ	k	μ	k
12·65	5·96	6189	25·38
499·6	9·34	8021	23·20
2682	20·73	8857	21·04
4321	25·11	9501	19·50

h) **Nickel.** Rowland.

μ	k	μ	k
67·8	3·69	1967	13·23
189·2	5·10	2157	12·70
293·2	6·69	2471	11·82
802·1	11·41	2781	10·45
1089	12·69	3394	7·88
1215	12·99	4047	5·28
1560	13·31	4395	3·33

XV.

Aus diesen Tabellen ergeben sich folgende Resultate:

Das Maximum m des in der Volumseinheit (Kubikmillimeter) inducirbaren magnetischen Momentes hat für alle untersuchten Arten von Eisen und Stahl nahezu eine und dieselbe Grösse.

Es wird dies am besten ersichtlich, wenn man die Tabellen graphisch darstellt, μ als Abscisse, k als Ordinate wählend. Man erhält Curven, die anfänglich rasch ansteigen, dann langsamer abfallen und nahezu gegen denselben Punkt der Abscissenaxe convergiren.

Dieses Maximum ergibt sich nahe = 14000 der Gauss'schen Einheiten. Dieser Werth ist beträchtlich kleiner, als man

bisher angenommen. v. Waltenhofen hat nach der von Müller aufgestellten Formel das Maximum des in einem Milligramm Eisen inducirbaren Momentes aus verschiedenen Versuchen berechnet und dafür den Mittelwerth 2125 bekommen, woraus, die Dichte des Eisens $= 7{\cdot}7$ angenommen, $m = 16360$ folgt. Wohl aber stimmt mit der obigen Zahl das aus den Versuchen von Weber nach seiner Theorie berechnete Maximum von 1808 Einheiten per Milligramm = 1392 Einheiten per Kubikmillimeter.

Das Maximum des in der Volumseinheit Nickel inducirbaren magnetischen Momentes beträgt sehr nahe 5000 Einheiten.

Die Werthe der Magnetisirungszahl k sind für einen und denselben Werth von μ für verschiedene Eisenarten sehr verschieden. Speciell variiren die Maximalwerthe von k für weiches Eisen in den Tabellen von 120 bis ungefähr 370. Das Maximum von k hat bei den Stahlsorten kleinere Werthe, als bei den Eisensorten und scheint es auch bei letzteren um so grösser u sein, je weicher das Eisen.

Während die Werthe der Maxima von k von einem Körper zum andern so bedeutend variiren, ist dies mit dem Orte des Maximums nicht der Fall. Für alle von Rowland untersuchten Sorten weichen Eisens und für das Nickel erreicht k sein Maximum für $\mu = \frac{1}{3} m$, wie aus den Tabellen *a)*, *b)*, *c)*, *h)* unmittelbar ersichtlich ist.

Aus der Tabelle für das von v. Quintus Icilius untersuchte Eisen kann man den Ort des Maximums nicht mit Sicherheit erkennen, da gerade in der Nähe desselben Unregelmässigkeiten in den Beobachtungen vorkommen. Die Berechnung der Versuche lehrt jedoch, dass auch für dieses Eisen das Maximum von k als zu $\mu = \frac{1}{3} m$ gehörig angesehen werden kann. Ebenso tritt in den Tabellen *f)* und *g)* der Ort des Maximums nicht bestimmt hervor, da sie in der Nähe desselben bedeutende Lücken haben. Doch scheint auch für die beiden Stahlsorten k für $\mu = \frac{1}{3} m$ den grössten Werth zu haben.

Nur das von Stoletow untersuchte Eisen macht eine entschiedene Ausnahme, indem die Tabelle *e)* das Maximum von k

für $\mu = 5595$ ausweist, welcher Werth genau mit $\mu = \frac{2}{5}\, m$ zusammenfällt. Auch stimmt die unter dieser Voraussetzung gemachte Berechnung der Versuche mit der Tabelle am besten.

Was diese beiden Zahlen $\frac{1}{3}$ und $\frac{2}{5}$ für Bedeutung haben, ob wirklich das Maximum von k durch die eine oder andere bestimmt ist, ob sie nur die Grenzen angeben, innerhalb welcher das Maximum immer sich befindet, diese Fragen zu entscheiden, wird es noch einer grösseren Anzahl von Versuchen bedürfen.

Nehmen wir zuerst an, k erreiche sein Maximum für $\mu = \frac{1}{3}\, m$, dann ist die Zahl $n = \frac{2}{3}$ und

$$f(\mu) = am \left(\frac{\mu}{m-\mu}\right)^{2/3} - b\mu$$

$$k = \frac{\mu^{1/3}(m-\mu)^{2/3}}{am - b\mu^{1/3}(m-\mu)^{1/3}}.$$

Ich habe nach dieser Formel zuerst eine der Tabelle *a)* entsprechende Reihe von Zahlen bestimmt. Es hat sich dabei herausgestellt, dass b nur sehr wenig von a verschieden ist und man eine hinreichend genaue Übereinstimmung zwischen Beobachtung und Rechnung erhält, wenn man $a = b$ nimmt. Es wird dann

$$k = A \cdot \frac{\mu^{1/3}(m-\mu)^{2/3}}{m - \mu^{1/3}(m-\mu)^{2/3}}$$

worin A für $\frac{1}{a}$ gesetzt worden ist. Nachdem m für alle Eisenarten nahezu gleich und zwar nahezu $= 14000$ gefunden worden, so bedarf man zur Berechnung von k für gegebene Werthe von μ nur noch einer aus der Versuchsreihe zu entnehmenden Zahl.

Nimmt man für das von Rowland untersuchte Eisen, welchem die Tabelle *a)* entspricht, an, dass das Maximum von k den Werth 197 besitzt, so kann man folgende Tafel berechnen.

μ	k	μ	k
70	36·02	700	106·7
140	47·74	1400	134·3

μ	k	μ	k
2800	178·1	8400	148·1
4200	196·0	9800	115·9
5600	193·1	11200	81·56
7000	175·3	12600	45·61

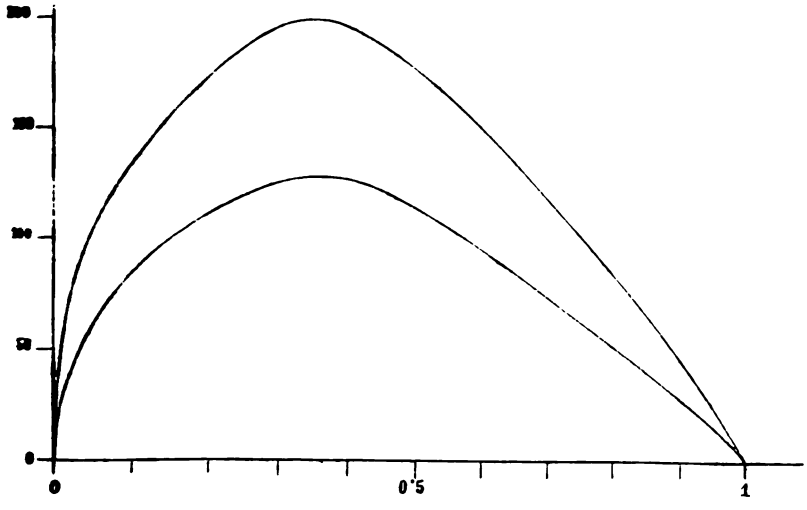
Diese Tafel steht im Allgemeinen in guter Übereinstimmung mit der Tabelle *a)*. Nur an zwei Orten ist die Abweichung zwischen den beiden eine beträchtlichere. Die grösste Abweichung ist in der Nähe des Momentes 700, für welches aus der Tabelle *a)* k etwa $= 86$ folgen würde, während es vorstehende Tafel $= 107$ ausweist. Von dieser Stelle an wird sowohl gegen die kleineren als gegen die grösseren Momente hin die Abweichung immer kleiner, so dass die erste Zahl der Tabelle *a)* nahezu wieder mit jener zusammenfällt, welche die Formel liefern wird und andererseits vom Momente 2000 an bis zum Momente 11000 die Beobachtungen durch die Formel ganz befriedigend wiedergegeben werden. Erst in der Nähe des Momentes 12000 tritt wieder eine grössere Differenz zu Tage, indem die Tabelle *a)* für $\mu = 12550$, $k = 36·7$ gibt, obige Tafel aber für $\mu = 12600$ $k = 45·6$ ausweist. Gegen das Ende hin wird die Abweichung jedoch wieder geringer.

Für das von v. Quintus Icilius untersuchte Eisen wähle ich $A = 110$ und finde damit folgende Reihe:

μ	k	μ	k
70	22·65	5600	121·2
140	29·95	7000	110·0
700	66·92	8400	92·92
1400	84·28	9800	72·70
2800	111·8	11200	51·17
4200	122·9	12600	28·61

die mit der Tabelle *d)* in sehr guter Übereinstimmung steht, nur die in *d)* für $\mu = 5911$ und $\mu = 11083$ angegebenen Werthe von k weichen sehr stark von den berechneten ab. Dass ersterer durch einen Beobachtungsfehler zu klein geworden, lässt schon die Tabelle *d)* erkennen, und vielleicht ist auch letzterer in Folge eines solchen Fehlers zu gross.

Eine Übersicht über den Gang der Werthe von k bietet die nebenstehende Figur. Die Abscissenabschnitte bedeuten Zehntel des grössten magnetischen Momentes, die Ordinaten sind die Werthe von k. Die höhere Curve stellt die erste, die niedrigere die zweite der soeben aufgeführten Tabellen dar.



Für das Nickel nehme ich das Maximum von $k = 13{\cdot}5$ und berechne

μ	k	μ	k
25	2·47	2000	13·23
50	3·27	2500	12·02
250	7·31	3000	10·15
500	9·21	3500	7·94
1000	12·21	4000	5·59
1500	13·43	4500	3·13

Auch diese Tabelle hat wie die erste in der dritten Zahl für $\mu = 250$ nämlich gegen die Beobachtung die grösste Abweichung und steht im Übrigen mit letzterer in hinreichender Übereinstimmung.

Zur Berechnung der Versuche von Stoletow wähle ich die Formel

$$k = A \frac{\mu^{2/3}(1-\mu)^{1/3}}{1-\mu^{2/3}(1-\mu)^{2/3}}$$

und das Maximum von $k = 174{\cdot}2$ annehmend erhalte ich

μ	k	μ	k
70	17·88	5600	174·2
140	26·35	7000	167·2
700	69·13	8400	148·5
1400	99·80	9800	121·6
2800	142·1	11200	89·29
4200	163·4	12600	53·05

Diese Tabelle stimmt ziemlich gut mit der Tabelle *e)* bis gegen das Moment 7000. Von da an zeigen die Bestimmungen von Stoletow einen unregelmässigen Gang, treten zuerst über, dann unter die berechneten Werthe und schliessen sich gegen das Ende wieder an dieselbe an.

Die zur Berechnung der Versuche angewandte Formel stellt wohl nicht das wahre Gesetz dar, durch welches die magnetische Molecularwirkung bestimmt ist. Jedenfalls aber liefert sie ein richtigeres Bild der Eigenschaften der magnetisirbaren Substanzen, als es andere bisher gebrauchte Formeln, wie z. B. die Weber'sche oder Müller'sche, geboten haben. Zur Aufstellung einer allgemeinen Formel, welche auch die Erscheinungen des remanenten Magnetismus ausdrückte, gibt das vorhandene Beobachtungsmateriale nicht genug Anhalt.

VI. SITZUNG VOM 26. FEBRUAR 1874.

Der Präsident gibt Nachricht von dem am 16. Februar l. J. erfolgten Ableben des ausländischen correspondirenden Mitgliedes, des Herrn Dr. Lambert Adolphe Jacques Quetelet, Directors der Sternwarte zu Brüssel.

Sämmtliche Anwesende geben ihr Beileid durch Erheben von den Sitzen kund.

Der Secretär legt folgende eingesendete Abhandlungen vor:

„Beiträge zur Kenntniss der Gesteine Süd-Grönlands", vom Herrn Dr. Karl Vrba in Prag, eingesendet durch Herrn Prof. v. Zepharovich.

„Die Axenbestimmung der Kegelflächen zweiten Grades", vom Herrn Karl Pelz, Assistenten der descriptiven und neueren Geometrie am deutschen Polytechnikum in Prag.

„Studien über erd-magnetische Messungen", vom Herrn Dr. Karl Braun, S. J. zu Kalksburg.

„Über Raumcurven siebenter Ordnung", vom Herrn Eduard Weyr in Paris.

Der Secretär stellt den Antrag, dass dem correspond. Mitgliede, Herrn Prof. Poggendorff in Berlin, aus Anlass der am 28. Februar zu begehenden 50jährigen Jubelfeier des Bestandes der von demselben herausgegebenen „Annalen der Physik und Chemie" der freudige Antheil der Classe durch ein Beglückwünschungs-Telegramm kundgegeben werde. Dieser Antrag wird einstimmig genehmigt.

Herr Regierungsrath Dr. K. v. Littrow berichtet über die am 20. Februar vom Herrn Hofrathe Winnecke zu Strassburg gemachte Entdeckung eines neuen teleskopischen Kometen.

Herr Dr. Adolf Bernhard Meyer legt eine Abhandlung: „Über neue und ungenügend bekannte Vögel von Neu-Guinea", vor.

Herr Dr. F. Exner überreicht eine von ihm gemeinschaftlich mit Herrn W. C. Röntgen verfasste Abhandlung: „Über eine Anwendung des Eiscalorimeters zur Bestimmung der Intensität der Sonnenstrahlung."

Herr Dr. Friedrich Brauer macht eine vorläufige Mittheilung über die Entwicklung und Lebensweise des *Lepidurus productus* Bosc. im Vergleiche mit jener des *Apus cancriformis*.

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Accademia Pontificia de' nuovi Lincei: Atti. Tomo III. Anno III. (1849—50). Roma, 1873; 4°.

Akademie, Südslavische, der Wissenschaften und Künste: Rad. Knjiga XXV. U Zagrebu, 1873; 8°.

American Association for the Advancement of Science: Proceedings. XXIth Meeting, held at Dubuque, Iowa. August, 1872. Cambridge, 1873; 8°.

Annalen (Justus Liebig's) der Chemie und Pharmacie. N. R. Band 95, Heft 1. Leipzig & Heidelberg, 1874; 8°.

Annuario marittimo per l'anno 1874. Trieste; 8°.

Apotheker-Verein, Allgem. österr.: Zeitschrift (nebst Anzeigen-Blatt). 12. Jahrgang, Nr. 5—6. Wien, 1874; 8°.

Archiv der Mathematik und Physik. Gegründet von J. A. Grunert, fortgesetzt von R. Hoppe. LV. Theil, 4. Heft. Leipzig, 1873; 8°.

Astronomische Nachrichten. Nr. 1974—1975 (Bd. 83. 6—7.) Kiel, 1874; 4°.

Bibliothèque Universelle et Revue Suisse: Archives des sciences physiques et naturelles. N. P. Tome XLIXe. Nr. 193. Genève, Lausanne, Paris, 1874; 8°.

Billroth, Theodor, Untersuchungen über die Vegetationsformen von *Coccobacteria septica* und den Antheil, welchen sie an der Entstehung und Verbreitung der accidentellen Wundkrankheiten haben. Berlin, 1874; Folio.

Bulletin of the United States Geological and Geographical Survey of the Territories. Nr. 1. Washington, 1874; 8°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Tome LXXVIII, Nrs. 5—6. Paris, 1874; 4°.

Cosmos di Guido Cora. VI. Torino, 1874; 4°.

Fresenius, R., Analyse des Deutsch-Kreutzer Sauerbrunnens. Wiesbaden, 1874; 8°.

Gesellschaft, Berliner medicinische: Verhandlungen aus den Jahren 1871, 1872, 1873. Band IV. Berlin, 1874; 8°.

— böhmische chemische: Berichte. II. Jahrgang, 1. Heft. Prag, 1874; 8°. (Böhmisch.)

— k. bayer. botan., in Regensburg: Flora. N. R. 31. Jahrgang, Regensburg, 1873; 8°. — Repertorium der periodischen botanischen Literatur. IX. Jahrgang 1872. Regensburg, 1873; 8°.

— österr., für Meteorologie: Zeitschrift. IX. Band, Nr. 4. Wien, 1874; 4°.

— k. k. geographische, in Wien: Mittheilungen. Band XVII (neuer Folge VII), Nr. 1. Wien, 1874; 8°.

— Deutsche, für Natur- und Völkerkunde Ostasiens: Mittheilungen. 3. Heft. September 1873. Yokohama; 4°.

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Wochenschrift. XXXV. Jahrgang, Nr. 7—8. Wien, 1874; 4°.

Institut Égyptien: Bulletin. Année 1872—1873. Nr. 12. Alexandrie, 1873; 8°.

Journal für praktische Chemie, von H. Kolbe. N. F. Band VIII, 8. & 9. Heft. Leipzig, 1874; 8°.

Landbote, Der steirische. 7. Jahrgang, Nr. 4. Graz, 1874; 4°.

Landwirthschafts-Gesellschaft, k. k., in Wien: Verhandlungen und Mittheilungen. Jahrgang 1874, Nr. 2. Wien; 4°.

Lotos. XXIV. Jahrgang. Jänner 1874. Prag; 8°.

Mittheilungen, Mineralogische, von G. Tschermak. Jahrgang 1873, Heft 4. Wien; gr. 8°.

— aus J. Perthes' geographischer Anstalt. 20. Band, 1874. Heft II. Nebst Ergänzungsheft Nr. 35. Gotha; 4°.

Moniteur scientifique du Dr Quesneville. 386e Livraison. Paris, 1874; 4°.

Museum-Verein, Siebenbürgischer: Erdelényi Muzeum. 1874. 1. Sz. Klausenburg; 8°.

Nature. Nrs. 224—225. Vol. IX. London, 1874; 4°.

Naturforscher-Verein zu Riga: Arbeiten. N. F. V. Heft. Riga, 1873; 8°.

Repertorium für Experimental-Physik etc. Von Ph. Carl. IX. Band, 6. Heft. München, 1873; 8°.

Revista de Portugal e Brazil. Nr. 9. Lisboa, 1874; 4°.

„Revue politique et littéraire“ et „Revue scientifique de la France et de l'étranger. IIIe Année, 2e Série, Nrs. 33—34. Paris, 1874; 4°.

Smithsonian Institution: Annual Report. For the Year 1871. Washington, 1873; 8°. — Smithsonian Miscellaneous Collections. Vol. X. Washington, 1873; 8°.

Società degli Spettroscopisti Italiani: Memorie. 1873, disp. 11^a. Palermo, 1873; 4°.

Société des Sciences naturelles de Neuchatel: Bulletin. Tome IX, 3e Cahier. Neuchatel, 1873; 8°.

— Botanique de France: Bulletin. Tome XIXe 1872. Session extraordinaire, Juillet 1872; Tome XXe. 1873. Revue bibliogr. C—D; Liste des membres. 1er Février 1874. Paris; 8°.

— de Biologie: Comptes rendus des séances et Mémoires. Tomes IIIe—V^e de la IVe Série. (Années 1866, 1867, 1868); Tomes Ier—IIIe de la Ve Série. (Années 1869, 1870—1871.) Paris, 1870—1873; 8°.

Society, The Royal Astronomical: Monthly Notices. Vol. XXXIV, Nr. 1. London, 1873; 8°.

Wiener Medizin. Wochenschrift. XXIV. Jahrgang, Nr. 7—8. Wien, 1874; 4°.

Zeitschrift des österr. Ingenieur- und Architekten-Vereins. XXVI. Jahrgang, 2. Heft. Wien, 1874; 4°.

Die Axenbestimmung der Kegelflächen zweiten Grades.

Von **Carl Pelz**,

Assistenten der descriptiven und neueren Geometrie am deutschen Polytechnicum in Prag.

(Mit 1 Tafel.)

1. Die Construction der Axen einer Kegelfläche zweiten Grades ist für die darstellende Geometrie schon aus dem Grunde von besonderem Interesse, da sie die Lösung der bekannten, auch historisch wichtigen Aufgabe: „der Bestimmung von Kreisschnittebenen eines Kegels zweiten Grades“ auf graphischem Wege ermöglicht.[1]

Chasles gibt in seiner Geschichte der Geometrie zwei Lösungen der vorgelegten Aufgabe, die Axen einer Kegelfläche zweiten Grades zu construiren, und er ist unseres Wissens der Erste, welcher dieses Problem auf rein geometrischem Wege gelöst hat.[2]

Es möge uns erlaubt sein diese beiden Lösungen hier kurz anzuführen, wobei wir, da dieselben von Chasles nicht bewiesen werden, auch ihre Beweise in gedrängter Kürze mittheilen wollen.

a) Bekanntlich sind die confocalen Flächen zweiten Grades aus einem Punkte s umschriebenen Kegel coaxial und confocal.[3]

[1] Bekanntlich haben die Alten bei der Bildung der Kegelschnitte nur Kegel mit kreisförmiger Basis betrachtet, erst Desargues hat die Frage aufgestellt, ob alle Kegel, deren Basis irgend ein Kegelschnitt ist, gleichbedeutend mit Kegeln von kreisförmiger Basis sind oder ob ein Kegel, dessen Basis ein beliebiger Kegelschnitt ist, nach Kreisen geschnitten werden kann und welches die Lage der schneidenden Ebenen sei (siehe Chasles' Geschichte der Geometrie, deutsch von Sohnke, pag. 78).

[2] Siehe Chasles' Aperçu historique, deutsch von Sohnke, pag. 79.

[3] Siehe Chasles' ibid., pag. 425. Einen Beweis dieses Satzes hat Emil Weyr im LVIII. Bande d. k. Akad. d. Wissenschaften, II. Abth., in der Abhandlung „Über Krümmungslinien der Flächen zweiten Grades etc.“ mitgetheilt.

Die Axen eines gegebenen Kegels zweiten Grades sind somit nichts anderes als die Kanten eines bezüglich des gegebenen und eines zweiten mit ihm concentrischen Kegels sich selbst conjugirten Dreikants, unter der Voraussetzung, dass beide Kegel zwei confocalen Flächen zweiten Grades umschrieben sind. Diese Flächen können auch als Grenzfälle auftretende Kegelschnitte, d. h. Focalkegelschnitte sein. Ist also s der Scheitel, und die Leitcurve C_2 des Kegels K_2 gegeben, so braucht man nur K_2 als den der Grenzfläche C_2 umschriebenen Kegel zu betrachten und dann aus s einen zweiten Kegel K_2^* einer Oberfläche zweiten Grades, welche mit C_2 confocal ist, zu umschreiben. Als diese zweite Fläche kann man wieder (als Grenzfall) den Kegelschnitt C_2^* nehmen, welcher mit C_2 ein System von excentrischen (Focal-) Kegelschnitten einer Fläche zweiten Grades bildet. Die Ebene von C_2^* geht dann, auf der von C_2 senkrecht stehend, durch eine der beiden Hauptaxen von C_2 und C_2^*, hat die in der Hauptaxe liegenden Brennpunkte von C_2 zu Scheiteln und die Scheitel von C_2 zu Brennpunkten. (Offenbar existiren zwei Kegelschnitte C_2^*, da C_2 zwei Hauptaxen hat, von denen jedoch nur einer reell ist.) Wenn man den reellen Kegelschnitt C_2^* construirt und den Kegel, der s zum Scheitel und C_2^* zur Basis hat, mit der Ebene von C_2 zum Schnitte bringt, so ist das dieser Schnittcurve und dem C_2 gemeinschaftlich conjugirte Dreieck das Spurendreieck des gesuchten Axentripels.

b) Ist U der unendlich ferne Kegelschnitt irgend einer Fläche zweiten Grades, z. B. des Kegels K_2 und I der unendlich ferne imaginäre Kugelkreis, so bestimmt U mit I ein gemeinschaftlich conjugirtes Dreieck, das Richtungsdreieck der Axen von K_2. Wenn man zu U bezüglich I den Polar-Kegelschnitt U^* construirt, so haben bekanntlich U^* und I dasselbe sich selbst conjugirte Dreieck wie U und I, d. h. K_2 und der mit ihm concentrische Kegel K_2^*, welcher U^* zur Leitlinie hat, haben identische Axen. Da nun die Richtungen der Kanten von K_2^* die Pole der Tangenten von U bezüglich I sind, so werden die Kanten von K_2^* senkrecht stehen auf den Tangentialebenen von K_2 und umgekehrt. Construirt man also den Normalkegel K_2^* zu K_2 und bestimmt seinen Schnitt auf der Ebene der Basis von K_2, so ist das den beiden in dieser Ebene erscheinenden Kegel-

schnitten gemeinschaftlich sich selbst conjugirte Dreieck (Dreiseit) das Spurendreieck der Hauptaxen (Ebenen) sowohl des Kegels K_2 als auch K_2^*.

So elegant und einfach in der graphischen Durchführung diese von Chasles gelieferten Constructionen an und für sich sind, und so leicht sie auch mit den Hilfsmitteln der synthetischen Geometrie bewiesen werden können, so kann man doch nicht leugnen, dass sich dieselben für die Einführung in die Vorlesungen über descriptive Geometrie (in deren Bereich die vorliegende Aufgabe in erste Reihe gehört) wie diese Lehre an den meisten polytechnischen Schulen vorgetragen wird, nur schwer eignen dürften.

Die vorliegende Abhandlung hat den Zweck, eine von den beiden eben angeführten wesentlich verschiedene directe Lösung des gestellten Problems zu liefern, deren Beweis einfach geführt werden kann, welche zwar auch die Construction zweier Kegelschnitte erfordert, von denen jedoch der erste eine gleichseitige Hyperbel Σ_1, und der zweite ein Kreis K ist. Von K und Σ_1 wird uns ein Schnittpunkt p bekannt sein, die übrigen drei jedoch werden uns schon die Durchstosspunkte der gesuchten Axen, mit der Ebene der Kegel-Basis geben.

Da die Aufgabe vom dritten Grad ist, so enthält unsere Lösung die grösste Reduction der constructiven Hilfsmittel, die überhaupt bei diesem Problem erreicht werden kann.[1]

2. Bei einer Kegelfläche zweiten Grades versteht man bekanntlich unter Axen diejenigen drei zu einander normalen Durchmesser, von denen jeder der Ebene der beiden anderen conjugirt ist. Diese drei Durchmesser bestimmen also ein körperliches rechtwinkeliges Dreikant, in welchem jede Kante die Polare der Gegenebene (Hauptschnittebene) ist. Schneidet man also dieses Dreikant mit einer beliebigen nicht durch die Kegelspitze gehenden Ebene Σ, so erhält man drei Schnittpunkte x, y, z, und in diesem so bestimmten Dreieck sind die Ecken die Pole der Gegenseiten im Bezug auf die in Σ liegende Kegelbasis. Ist s' die orthogonale Projection der Kegelspitze s auf die Ebene Σ,

[1] Siehe Kortum: „Über geometrische Aufgaben des dritten und vierten Grades" (Bonn 1869).

so ist s' zugleich der Höhenschnitt des Dreiecks xyz. Sollen demnach, siehe Fig. 1, die Axen der durch die Basis Σ und den Scheitel s bestimmten Kegelfläche ermittelt werden, so ist unsere Aufgabe:

a) Ein in Bezug auf Σ sich selbst conjugirtes Dreieck xyz, und zwar derart zu construiren, dass s' (Projection von s auf Σ) der Höhenschnitt dieses Dreiecks wird, und

b) dass die Verbindungslinien des Scheitels s mit den Punkten x, y und z ein rechtwinkliges Dreikant bilden.

Auf die erste Bedingung unserer Aufgabe übergehend, können wir einfach beweisen, dass die Geraden xy, yz und xz Tangenten einer bestimmten Parabel Π sind, welche auch die Axen von Σ und die beiden Halbirenden H, H_1, des Winkels $fs'f_1$ zu Tangenten hat, wenn f und f_1 die Brennpunkte von Σ sind.

Denn nach unserer Voraussetzung müssen die Geraden xs', ys' und zs' den ihnen gegenüberliegenden Seiten des Dreiecks xyz bezüglich Σ conjugirt sein und auf ihnen, respective senkrecht stehen; dreht sich jedoch ein Strahl (G) um einen festen Punkt s', so hüllt bekanntlich der zu ihm rechtwinkelige, bezüglich eines Kegelschnittes Σ conjugirte Strahl (N) eine Parabel Π ein, welche, wie man für specielle Lagen von (G) leicht findet, auch die Axen von Σ und die Halbirenden H, H_1 des Winkels $fs'f_1$ zu Tangenten hat.

Der ferneren Untersuchung wegen, wollen wir hier einen Beweis des eben angeführten Satzes mittheilen, welcher verschieden ist von dem, den man in den Büchern über neuere Geometrie angeführt findet.

Ist, siehe Fig. 2, Σ der gegebene Kegelschnitt und s' der feste Punkt, um den sich der Strahl (G) dreht, so erhalten wir bekanntlich für jede Lage von (G) den zu ihm rechtwinkligen, bezüglich Σ conjugirten Strahl (N), indem wir zu (G) den Pol (g) construiren und von diesem eine Senkrechte (N) zu (G) fällen. Der geometrische Ort von (g) ist dann die Polare S von s', und wir legen, um die Construction einfach durchzuführen, durch s' einen Kreis K^* derart, dass die Gerade S mit ihm dieselbe involutorische Punktreihe bestimmt wie mit Σ, d. h. K^* geht durch die reellen oder imaginären Schnittpunkte β, β_1 der Geraden S mit Σ.

Construiren wir weiter zu den Punkten β, β_1 und s' den vierten harmonischen dem s' zugeordneten Punkt p, so brauchen wir nur die einzelnen Punkte (k) des Kreises K von p und s' aus, auf S zu projiciren, um conjugirte Punkte g, g_1, der Involution auf S zu erhalten; sg ist die Polare von g_1 und umgekehrt. Fällen wir daher z. B. von g_1 die Senkrechte N auf $s'g$ so ist N eine Tangente unserer Curve II. Dass II eine Parabel sein muss, folgt einfach aus folgender Betrachtung. Wenn wir die einzelnen Punkte (k) des Kreises K von p und s' aus projiciren, so ist der Winkel pks, als ein Winkel über dem Bogen ps' constant, daraus folgt jedoch dass der Winkel, den die von g_1 zu $s'k$ gefällte Normale N mit pg_1 einschliesst, ebenfalls constant ist. Wenn aber der Schenkel eines constanten Winkels durch einen festen Punkt p geht, und der Scheitel g auf einer festen Geraden S gleitet, so hüllt der zweite Schenkel N eine Parabel II ein, welche den festen Punkt p zum Brennpunkt und die feste Gerade G zur Tangente hat.

Einen Beweis dieses übrigens bekannten Satzes findet man im ersten vom Herrn Geiser bearbeiteten Bande von Steiner's Vorlesungen pag. 114. Ein anderer Beweis des Satzes soll hier kurz angeführt werden. Ist, siehe Fig. 3, p der feste Punkt, S die feste Gerade, $g_1g_2g_3\ldots$ die verschiedenen Lagen des Scheitels des constanten Winkels, dessen ein Schenkel durch den festen Punkt p geht, und $N_1N_2N_3\ldots$ die verschiedenen Lagen des zweiten Schenkels, so ist klar, dass der Schenkel N bei der Bewegung auch einmal mit der Geraden S zusammenfällt, und dass somit S ebenfalls als Tangente unserer Curve auftritt. Fällen wir vom Punkte p zu S und den einzelnen Geraden $N_1, N_2, N_3\ldots$ Normalen, so liegen deren Fusspunkte $n, n_1, n_2, n_3\ldots$ auf einer Geraden, welche ebenfalls eine Lage des Schenkels des beweglichen Winkels ist. Betrachten wir z. B. das Viereck png_1n_1, so ist dieses ein Kreisviereck, es ist daher $\sphericalangle pnn_1 = \sphericalangle pg_1n_1$, die Gerade nn_1 ist daher eine Lage des erzeugenden Schenkels. Dasselbe kann jedoch von den Geraden nn_2, $nn_3\ldots$ ebenso bewiesen werden, und wir sehen daher, dass die Punkte $n, n_1, n_2\ldots$ auf einer Geraden liegen. Da aber die Geraden pn, pn_1, $pn_2\ldots$ auf S, N_1, $N_2\ldots$ respective senkrecht stehen, so erhalten wir unsere Curve als Einhüllende des Schenkels eines rechten Winkels, dessen Scheitel auf einer

festen Geraden gleitet, während der zweite Schenkel durch einen festen Punkt p geht, was bekanntlich eine Parabel Π ist, welche den Punkt p zum Brennpunkt und die feste Gerade zur Scheiteltangente hat.

Betrachten wir zwei beliebige Tangenten unserer Parabel, z. B. N_1 und N_2; ist d ihr Schnittpunkt, so sehen wir, dass das Viereck dpg_1g_2 ein Kreisviereck ist, und da S ebenfalls eine Tangente von Π ist, so folgt daraus der Satz: Beschreibt man über dem von drei beliebigen Tangenten einer Parabel gebildeten Dreieck einen Kreis K, so geht dieser stets durch den Brennpunkt der Parabel.

Soll daher z. B. der Berührungspunkt β der Tangente N_2 bestimmt werden, so haben wir einen Kreis K_1 zu construiren, der in g_2 die Gerade S berührt und durch p geht, dieser schneidet N_2 in dem gesuchten Punkte.

Kehren wir nach dieser Abweichung zu unserer Betrachtung in Fig. 2 zurück, so sehen wir weiter, dass auch die Axen von Σ Tangenten von Π sein müssen, wir brauchen zu dem Zwecke nur den von p nach den einzelnen Punkten k des Kreises K gehenden Strahl durch den Schnittpunkt g^* von S mit der bezüglichen Axe von Σ zu ziehen; schneidet dieser K im Punkte k^*, so ist $s'k^*$ die Polare des Punktes g^*; da aber g^* auf einer Axe liegt, so muss $s'k^*$ auf dieser Axe senkrecht stehen, und die von g^* zu der Polaren gefällte Normale ist also die bezügliche Axe selbst. Ebenso einfach ist der Beweis, dass die Halbirenden H, H_1 des Winkels $fs'f_1$ Tangenten von Π sind. Sowohl der Mittelpunkt m von Σ als auch s' sind daher Punkte der Directrix D der Parabel Π und der Punkt p als Brennpunkt ist daher der Diagonalpunkt des von den Axen von Σ und den Geraden H und H_1 gebildeten vollständigen Vierseits, welcher der Diagonale $s'm$ gegenüber liegt. Da in dem erwähnten Vierseit die Axen und die Geraden H, H_1 aufeinander, respective senkrecht stehen, so folgt aus bekannten Eigenschaften, dass auch die beiden durch p gehenden Diagonalen dieses Vierseits auf einander senkrecht stehen, und dass weiter der Winkel $s'mf = \sphericalangle fmp$ ist u. s. w.

Die Seiten des sich selbst conjugirten Dreiecks xyz, das wir der ersten Bedingung unserer Aufgabe gemäss zu construi-

ren haben, sind also in der That Tangenten von Π. Daraus folgt jedoch sofort, dass die Punkte x, y und z selbst auf der Polarfigur Σ_1 von Π, bezüglich Σ, liegen müssen. Diese Polarfigur ist eine gleichseitige Hyperbel, deren Asymptoten den Axen von Σ parallel sind, sie geht durch den Mittelpunkt m von Σ, sowie auch durch den Punkt s', und hat die vom letzterwähnten Punkte zu S gefällte Normale T zur Tangenten. Es liegt nämlich der Pol jeder der beiden Axen von Σ, welche wie bereits bemerkt wurde, Tangenten von Π sind, unendlich fern auf der zweiten, m ist ein Punkt der Hyperbel Σ_1 als Pol der unendlich fernen Graden, welche die Parabel Π berührt, und s' gehört der Hyperbel an, als Pol der Parabel-Tangente S. Auf jedem durch s' gelegten Strahl (G) liegt noch ein Punkt von Σ_1, es ist dies der Pol (n) der zu (G) senkrechten und conjugirten Geraden (N); da jedoch für die zu S von s' gefällte Normale T dieser zweite Punkt mit s' zusammenfällt, so muss T Tangente der Hyperbel Σ_1 sein. Von der gleichseitigen Hyperbel Σ_1 kennen wir daher die Asymptoten-Richtungen, zwei Punkte und die Tangente in einem dieser Punkte, dadurch ist also Σ_1 vollkommen bestimmt. Aus diesen Bestimmungsstücken kann einfach der Mittelpunkt o von Σ_1 construirt werden. Zu diesem Zwecke ist blos nöthig, an die Construction der Hyperbel aus den Asymptoten und einen Punkt zu denken.

In Fig. 4 wurden aus den Asymptoten A und A_1 und dem Punkte m mit Hilfe der Transversalen D_1, D_2 und der beiden durch m parallel zu A und A_1 gezogenen Geraden die Punkte p und s der Hyperbel auf bekannte Art ermittelt, und da wir zur Construction des Punktes s auch den Punkt p benützen können, so muss auch die Diagonale D_3 durch o gehen. Durch Umkehrung dieser Construction gelangen wir zur Bestimmung des Mittelpunktes einer Hyperbel, welche durch die Asymptoten-Richtungen und drei weitere Punkte bestimmt ist. Denn legen wir durch die gegebenen Punkte Parallele zu den Asymptoten-Richtungen, so gehen diejenigen drei Diagonalen der so entstandenen Parallelogramme, welche ausser den Verbindungslinien der gegebenen Punkte auftreten, durch o. Wären ausser den Asymptoten-Richtungen nur zwei Punkte, z. B. m und s, gegeben, dafür aber die Tangente T in einem der beiden Punkte, z. B. in s, so bestim-

men wir die Diagonale D_2, auf welcher o liegen muss, und beachten weiter, dass die beiden durch s parallel zu den Asymptoten (Richtungen) gezogenen Geraden mit der Tangente T und der Verbindungslinie des Punktes s mit o vier harmonische Strahlen sind, wodurch also so bestimmt ist und uns im Schnittpunkt o mit D_2 den gesuchten Mittelpunkt liefert. Ziehen wir daher, siehe Fig. 2, durch s' die beiden Parallelen zu den Axen von Σ, so ist die nebst $s'm$ auftretende Diagonale Δ in dem so entstandenen Rechteck ein geometrischer Ort für den Hyperbel-Mittelpunkt, und wir erhalten denselben im Durchschnitt von Δ mit der Geraden $s'o$, welche mit einer der beiden Axen von Σ denselben Winkel einschliesst wie T.

Es wäre noch zu erwähnen, dass wir zu dem Mittelpunkt o von Σ_1 auch auf andere Art gelangen können.

Da Σ_1 die Polarcurve von Π bezüglich Σ ist und die Axen von Σ Tangenten von Π sind, so erkennt man sofort, dass der Hyperbel-Mittelpunkt o der Pol der Berührungssehne O sein muss, nach welcher die Axen von Σ die Parabel Π berühren. Weil m auf der Directrix liegt, so erhalten wir die Polare O dieses Punktes bezüglich Π, indem wir in p eine Senkrechte zu pm construiren. Schneidet O die Axen von Σ bezüglich in a und a_1, so geben uns die Polaren A und A_1 dieser Punkte die Asymptoten von Σ_1.

Auf der Hyperbel Σ_1, deren Construction weiter gar keiner Schwierigkeit unterliegt, müssen, wie bemerkt wurde, die Ecken des sich selbst conjugirten Dreiecks xyz liegen; weil jedoch die Seiten dieses Dreiecks Tangenten von Π sind, so wird wie wir bei Fig. 3 gezeigt haben, der dem Dreieck xyz umgeschriebene Kreis K durch den Parabel-Brennpunkt p gehen. Da aber der Höhenschnitt des Dreiecks xyz nach unserer Voraussetzung der Punkt s' sein muss und s' auf Σ_1 liegt, so können wir einfach zeigen, dass der Kreis K noch durch einen zweiten festen Punkt q geht, welcher auf Σ_1 liegt und der Diametralpunkt von s' ist.

Bekanntlich gehen alle gleichseitigen Hyperbeln, welche demselben Dreieck xyz umschrieben sind, gleichzeitig durch den Höhenschnitt s' des Dreiecks und ihre Mittelpunkte liegen auf einem Kreise K_1, welcher durch die Fusspunkte h_1, h_2, h_3

der Höhen, die Mitten m_1, m_2, m_3 der Seiten, und die Mitten μ_1, μ_2, μ_3 der oberen Abschnitte auf den Höhen hindurchgeht, und welchen Steiner kurzweg den Kreis der neun Punkte nannte.[1]

Sind daher, siehe Fig. 5, x,y,z drei Punkte einer gleichseitigen Hyperbel Σ, so wird diese vollkommen bestimmt sein, sobald wir ihren Mittelpunkt o auf dem Kreise K_1 der neun Punkte annehmen. Der dem Dreieck xyz umschriebene Kreis K schneidet Σ_1 noch in einem vierten Punkte q, den wir im Schnittpunkt der über o aus verlängerten Geraden $s'o$ mit dem Kreise K erhalten.

In Folge obiger Bemerkung ist s' ebenfalls ein Punkt von Σ_1 und da s' nebstdem das äussere Ähnlichkeits-Centrum der beiden Kreise K und K_1, und zwar für das Ähnlichkeitsverhältniss 2:1 ist[2], so folgt daraus, dass $s'o = oq$ ist, d. h. q ist der Diametralpunkt von s'. Legen wir nun durch den Punkt q einen beliebigen Kreis K_2, so hat derselbe mit Σ_1 im allgemeinen noch drei andere Punkte $x_2y_2z_2$ gemein; für unsere Untersuchung ist es von Wichtigkeit zu beweisen, dass der Höhenschnitt des Dreiecks $x_2y_2z_2$ ein fester Punkt und zwar s' ist.

[1] Einen eleganten Beweis des Satzes, dass die Mittelpunkte aller einem Dreieck xyz umschriebenen gleichseitigen Hyperbeln auf einem Kreise und zwar auf dem Kreise der neun Punkte liegen, findet man im zweiten vom Herrn Schröter bearbeiteten Bande von Steiner's Vorlesungen pag. 234. Einen unseres Wissens neuen Beweis des Satzes erlauben wir uns hier anzuführen. Ist xyz, siehe Fig. 5, das Dreieck, welchem die gleichseitigen Hyperbeln umschrieben sind, so gehen diese, wie bemerkt wurde, auch durch den Höhenschnitt s', und betrachten wir die durch z gezogene Gerade zn_1 als die Asymptoten-Richtung einer Hyperbel Σ^* des Büschels, so wird letztere dadurch vollständig bestimmt sein. Fällen wir von x und y Normalen zu der angenommenen Asymptoten-Richtung, und verbinden deren Fusspunkte n und n_1 mit den Punkten m_1 und m_2 respective, so müssen sich diese Verbindungslinien, wie wir bei Fig. 4 gesehen haben, im Mittelpunkte c von Σ^* schneiden. Aus den gleichschenkligen Dreiecken m_1zn und m_2zn_1 folgt nun, dass der $\sphericalangle xzy + cnn_1 + cn_1n = 180°$ ist, daraus folgt aber direct, dass der $\sphericalangle n_1cn = \sphericalangle xyz =$ constant ist. Beschreibt also nn_1 einen Strahlenbüschel um z, so bewegt sich c, da die Punkte m_1 und m_2 fest bleiben, auf einem Kreise K_1, welcher wie man für specielle Lagen n,n_1 findet, der Kreis der neun Punkte ist.

[2] Siehe Jacob Steiner: Die geometrische Construction, ausgeführt mittelst der geraden Linie und eines festen Kreises, pag. 53.

Denken wir uns den Höhenschnitt des Dreiecks $x_2 y_2 z_2$ construirt und mit s_2 bezeichnet, so wird, wie wir eben gesehen haben, die über den Hyperbel-Mittelpunkt o aus verlängerte Gerade os_2 den Kreis K_2 im Punkte q_2 schneiden, welcher ein Punkt von Σ_1 ist. Da aber der Kreis K_2 mit Σ_1 nur vier Punkte gemein haben kann und die Punkte x_2, y_2, z_2, und q gemeinschaftliche Punkte von K_2 und Σ_1 sind, so folgt daraus, dass q_2 mit q, daher auch s' mit s_2 coincidiren muss. Daraus folgt der nicht uninteressante Satz: Legt man durch irgend einen Punkt q einer gleichseitigen Hyperbel Σ_1 einen beliebigen Kreis K, so ist der Höhenschnitt des durch die drei Punkte, in welchen Σ_1 von K im allgemeinen noch geschnitten wird, bestimmten Dreiecks ein fester auf Σ_1 liegender Punkt, und zwar der Diametralpunkt von q, und umgekehrt: soll für gewisse auf der Hyperbel Σ_1 angenommene Dreiecke der Höhenschnitt ein fester (auf Σ_1 liegender Punkt s' sein), so müssen die diesen Dreiecken umschriebenen Kreise ebenfalls durch einen festen, auf Σ_1 liegenden Punkt, und zwar durch den Diametralpunkt q von s' hindurchgehen.

Der Kreis K, welcher dem von uns gesuchten sich selbst conjugirten Dreieck xyz umschrieben ist, muss daher, siehe Fig. 2, nicht nur durch den Parabel-Brennpunkt p, sondern auch durch den zu s' diametralen Hyperbelpunkt q gehen.

Construiren wir den Diametral-Punkt q von s', so ist aus der Figur ersichtlich, dass die Punkte m, p und q auf einer Geraden liegen, denn es ist die Verbindungslinie des Punktes q mit m parallel zu Δ und schliesst daher mit den Axen von Σ dieselben Winkel ein, wie $s'm$, was schon früher von der Geraden mp ebenfalls bewiesen wurde. Jeder durch die beiden Punkte p und q gelegte Kreis K hat mit Σ_1 im allgemeinen noch drei weitere Punkte x, y, z gemein, welche ein in Bezug auf Σ sich selbst conjugirtes Dreieck bilden, dessen Höhen sich im Punkte s' schneiden. Jedes auf diese Art construirte Dreieck enthält also die Lösung der ersten Bedingung unserer Aufgabe. Aus dem durch die Punkte p und q bestimmten Kreisbüschel müssen wir nun denjenigen Kreis K herausfinden, welcher auch der zweiten Bedingung unserer Aufgabe genüge leistet, d. h. welcher Σ_1 in drei solchen Punkten x,y,z schneidet, dass die Verbindungslinien der Kegelspitze s mit den Punkten x,y,z ein

rechtwinkliges Dreikant bilden. Angenommen, es wäre (siehe Fig. 5) K der gesuchte Kreis, welcher Σ_1 in den Punkten x, y, z der Art schneidet, dass auch die zweite Bedingung unserer Aufgabe erfüllt ist, d. h. dass die Verbindungslinien des Punktes s mit x, y und z aufeinander respective senkrecht stehen, so muss, wenn wir mit E die Entfernung der Kegelspitze s von der Ebene der Basis Σ bezeichnen, das Product $zs' . s'h_3$, in welchen das z. B. von z gefällte Höhenperpendikel vom Höhenschnitt getheilt wird, gleich $s'(s) = E^2$ sein, da aber s' das äussere Ähnlichkeitscentrum der beiden Kreise K und K_1 ist, so ist das Product der Entfernungen zweier auf einem Ähnlichkeitsstrahl liegender diversen Punkte vom Punkte s constant, und zwar gleich E^2. Es ist daher z. B. $s'q . s'q_1 = s'o . s'o_1 = E^2$, wenn q_1 und o_1 die Schnittpunkte des Ähnlichkeitsstrahles $s'q$ mit K_1 und K sind. Errichten wir daher in s' eine Normale zu $s'q$ und machen $s'[s] = E$, so muss die Gerade $o[s]$ zu $[s]o_1$ senkrecht stehen, und ebenso ist $q[s]$ senkrecht zu $[s]q_1$. Wenn also s' und E gegeben ist, so kann man aus jedem Punkte des einen Kreises einen Punkt des zweiten Kreises einfach construiren.

3. Wir haben nun in Fig. 6 die Lösung des gestellten Problems wirklich durchgeführt. Die Basis des Kegels, dessen Axen construirt werden sollen, ist im vorliegenden Falle eine Hyperbel Σ, welche die Geraden A und A_1 zu Asymptoten und die Punkte a und a_1 zu Scheiteln hat. s' ist die orthogonale Projection der Kegelspitze s auf die Ebene Σ und die Höhe des Kegels ist durch $s'(s)$ gegeben.

Unsere Aufgabe ist zunächst die Construction der gleichseitigen Hyperbel Σ_1 und dann die Bestimmung der Punkte p und q. Die Hyperbel Σ_1 geht durch s' und den Mittelpunkt m von Σ, und wir haben in Fig. 2 gesehen, dass wir die Tangente T von Σ_1 im Punkte s' erhalten, indem wir vom Punkte s' zu dessen Polare S die Normale T fällen. Offenbar ist aber S parallel zu dem Diameter D_1, welcher dem Diameter $s'm$ conjugirt ist. Die conjugirten Durchmesser eines Kegelschnittes bilden aber bekanntlich einen involutorischen Strahlenbüschel, für welchen die (reellen oder imaginären) Asymptoten die Doppelstrahlen sind. Es werden also je zwei conjugirte Durchmesser von den Asymptoten harmonisch getrennt. Soll daher in Fig. 6 der

zu $s'm$ conjugirte Durchmesser D_1 bestimmt werden, so brauchen wir nur zu den Strahlen A, A_1 und $s'm$ den vierten harmonischen, dem $s'm$ zugeordneten Strahl zu construiren. Wir haben zu diesem Zwecke in unserer Figur eine Parallele zu A_1 gezogen, denn diese schneidet bekanntlich die Strahlen A, ms', und den gesuchten Strahl D_1 in Punkten der Art, dass der erste die Strecke zwischen den beiden letzteren halbirt. Die von s' zu D_1 gefällte Normale T ist die Tangente von Σ_1 für diesen Punkt. Construiren wir die zweite durch s' gehende Gerade, welche mit einer der beiden Axen von Σ denselben Winkel einschliesst wie T, so muss auf dieser Geraden der Mittelpunkt o von Σ_1 liegen, und wir erhalten o im Schnittpunkt jener Geraden mit der Verbindungslinie Δ der Fusspunkte der von s' zu den Axen von Σ gefällten Normalen. Da die Asymptoten von Σ_1 parallel sind zu den Axen von Σ, so kann Σ_1 ohne weiters construirt werden. Auch der Punkt q ist als Diametralpunkt von s' direct gegeben. Der Parabel-Brennpunkt p ergibt sich als derjenige Diagonalpunkt des von den Axen von Σ und den Halbirenden H, H_1 des Winkels $fs'f_1$ gebildeten vollständigen Vierseits, welcher der Diagonale $s'm$ gegenüberliegt. Die Punkte p, m, und q müssen, wie erwähnt wurde, auf einer Geraden liegen. Jeder durch die beiden Punkte p und q gelegte Kreis K schneidet Σ_1 im allgemeinen noch in drei weiteren Punkten x, y, z, welche ein in Bezug auf Σ sich selbst conjugirtes Dreieck bilden, dessen Höhenschnitt s' ist.[1] Um nun aus diesem Kreisbüschel denjenigen Kreis K zu construiren, welcher Σ_1 in drei solchen Punkten x, y, z schneidet, deren Verbindungslinien mit s ein rechtwinkliges Dreikant bilden, verbinden wir den Scheitel s mit o und legen diese Gerade um, dabei kommt s nach (s) zu liegen, wenn $s'(s)$ gleich der Höhe des gegebenen Kegels ist. Errichten wir im Punkte (s) die Normale zu $o(s)$, so trifft diese os' im Punkte o_1, welcher ein Peripheriepunkt des gesuchten Kreises K ist. K schneidet Σ_1 noch

[1] Insofern dieses Dreieck xyz ein spitzwinkliges ist, können seine Ecken als Durchstosspunkte der Axen und daher seine Seiten als Tracen der Hauptschnittebenen eines Kegels betrachtet werden, welcher s' zur orthogonalen Projection der Kegelspitze hat, und der mit dem gegebenen Kegel dieselbe Basis Σ besitzt; seine Höhe wird jedoch von der des gegebenen im allgemeinen verschieden sein.

C. Pelz. Axenb

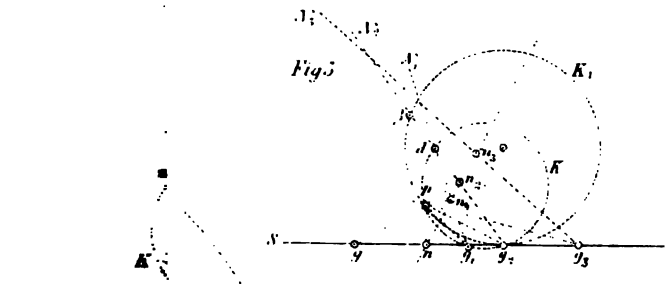


Fig. 3

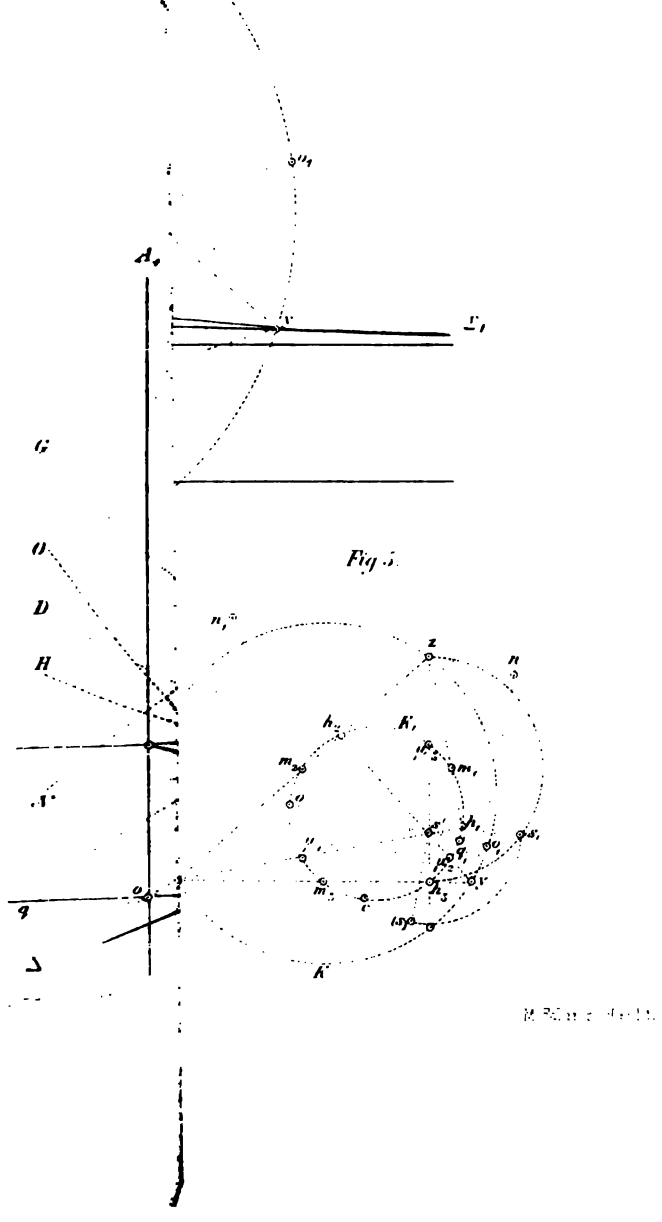


Fig. 5.

in den drei Punkten x, y, z, welche die Durchstosspunkte der Axen mit der Basisebene des gegebenen Kegels sind.

4. Bekanntlich können die Axen einer beliebigen Fläche zweiten Grades als gemeinschaftliche Elemente zweier Polarsysteme definirt werden, von denen das erste ein rechtwinkliges ist, das wir erhalten, indem wir zu jedem durch den Mittelpunkt der Fläche gehenden Strahl eine gleichfalls durch den Mittelpunkt gehende normale Ebene construiren; das zweite wird von den Durchmessern und conjugirten Diametralebenen der Fläche gebildet.[1]

Eine auf dieser Definition der Axen sich basirende Construction der Axen von Kegelflächen zweiten Grades, wollen wir bei einer anderen Gelegenheit mittheilen, wobei wir zu den hier gelieferten Constructionen vom anderen etwas allgemeineren Standpunkte gelangen werden.

---

[1] Siehe Fiedler's darstellende Geometrie, pag. 354.

Über eine Anwendung des Eiscalorimeters zur Bestimmung der Intensität der Sonnenstrahlung.

Von **W. C. Röntgen** und **F. Exner.**

(Mit 1 Tafel.)

Es ist die Frage nach der Intensität der Sonnenstrahlung eine schon vor langem aufgeworfene, und dem entsprechend auch die Reihe der Apparate, welche zur Lösung dieser Frage construirt wurden, ziemlich bedeutend; dessen ungeachtet basiren wenigstens alle älteren auf demselben Principe, nämlich auf einer directen Temperaturbeobachtung an zwei Thermometern, deren eines der Sonnenstrahlung ausgesetzt ist, während das andere sich im Schatten blos unter dem Einflusse der Temperatur der umgebenden Luft befindet. Nach diesem Principe waren sämmtliche Apparate construirt, deren sich die älteren Beobachter, bis auf Kämtz und Forbes, bedienten.

Es ist ohne weiteres klar, dass alle aus derartigen Beobachtungen der stationären Zustände zweier Thermometer erhaltenen Resultate nur auf eine Vergleichung der Intensität der Sonnenstrahlung zu verschiedenen Zeiten oder an verschiedenen Orten abzielen konnten, ohne dass man erwarten dürfte, wirklich ein Mass derselben zu erhalten. Diesen Mangel hat schon Herschel zu beseitigen gesucht; er definirte[1] die Einheit der erwärmenden Kraft der Sonne als diejenige Intensität der Sonnenstrahlung, welche hinreicht, um bei senkrechter Incidenz in einer Minute eine Eisschichte von einem Milliontheil Meter Dicke zu schmelzen. Um aber mittelst seines Aktinometers die Sonnenwärme in diesem Masse zu messen, müsste dann nicht der stationäre Zustand desselben, sondern vielmehr die Geschwindigkeit des Ansteigens der Flüssigkeit in der Thermo-

[1] Pogg. Ann. XLI.

meterröhre beobachtet werden. Die Reduction der directen Beobachtung auf die eben angeführte Masseinheit, ist dann abhängig von einer Constanten des Instrumentes, deren Bestimmung mit vielen Schwierigkeiten verknüpft und nicht fehlerfrei sein würde.

Den Zweck, ein Instrument zu liefern, welches direct durch Beobachtung die Intensität der in einer gewissen Zeit auf eine bestimmte Fläche unter senkrechter Incidenz auffallenden Sonnenstrahlen in Calorien zu messen gestatte, hatte erst Pouillet erreicht, durch die Construction seines directen Pyrheliometers.[1]

Allein es leidet diese Pouillet'sche Methode an einem principiellen Mangel, indem sie die Beobachtung der wachsenden Temperatur der in der Pyrheliometercapsel eingeschlossenen Wassermenge voraussetzt; diese Temperaturerhöhung des Apparates über die Temperatur der Umgebung bedingt aber einen stets variablen Wärmeaustausch, dessen Werth in jedem Falle durch Correctionsbeobachtungen wenigstens annähernd zu ermitteln ist. Ausserdem setzt die Pouillet'sche Methode, wenigstens für exacte Beobachtungen, die Kenntniss der specifischen Wärme des Wassers bei den verschiedenen vorkommenden Temperaturen voraus.

Wir hatten uns daher die Aufgabe gestellt, ein Pyrheliometer so zu construiren, dass es vor allem frei wäre von jeder Temperaturänderung, also von jedem veränderlichen Wärmeaustausch mit der Umgebung, womit eben die beim Pouillet'schen Instrumente unvermeidlichen Fehler und Näherungscorrectionen wegfallen sollten.

Die Einrichtung, welche wir zu diesem Zwecke unserem Instrumente gaben, war die folgende. Eine Glasglocke *A*, von 75 Mm. Höhe, war unten verschlossen durch eine $^1/_4$ Mm. dicke und 106 Mm. im Durchmesser haltende Platte *a* aus gewalztem Silber, welche auf einen Messingreif *b*, *b*, in welchen die Glasglocke dicht eingekittet wurde, aufgelöthet war. Um Durchbiegungen der Silberplatte zu vermeiden, wurde dieselbe inwendig versteift durch ein Kreuz von $1^1/_2$ Mm. dicken Metall-

[1] Pogg. Ann. XLV.

streifen *c, c*, die auf die Platte selbst festgelöthet wurden; ihre Höhe betrug im Centrum 5 Mm., am Rande 12 Mm. Der Hals der Glocke *A* trägt ein massives Messingstück *B*, das beiderseits einen conischen Einschliff und ausserdem eine centrale Durchbohrung von 6 Mm. Öffnung erhielt; in dem äusseren Einschliff passt wasserdicht ein massiver Messingconus *C*, gleichfalls mit centraler Durchbohrung, in welchen ein Glasröhrchen *d* eingekittet ist. Durch eine Überfangschraube *D* kann der Conus *C* gegen das Messingstück *B* festgepresst werden und gleichzeitig communicirt das Röhrchen *d* mit dem Inneren der Glocke *A*. Durch die Bohrung bei *e* und das Metallröhrchen *f* mit eingesetztem Hahne *g* ist ferner eine zweite, verschliessbare Communication zwischen dem Inneren der Glocke und der äusseren Umgebung hergestellt.

Soll der Apparat gebraucht werden, so wird zunächst die ganze Glocke mit gut ausgekochtem destillirtem Wasser gefüllt und in eine Kältemischung gestellt, um möglichst vollkommen zu gefrieren; es hat dies gar keine Schwierigkeit, wenn man nur die Vorsicht gebraucht, das Wasser noch, so lange es etwas warm ist, einzufüllen, man erhält dann mit Leichtigkeit das Gefäss gänzlich ohne Luftblasen und fast massiv ausgefroren, so dass nur im Inneren sich noch etwas Wasser befindet. In dieser Form stellt das Instrument eigentlich nichts weiter als ein Eiscalorimeter dar; um es als Pyrheliometer zu gebrauchen, wird zunächst an das Röhrchen *d* eine calibrirte, mit Millimeterscala versehene, ungefähr 400 Mm. lange und $3^1/_2$ Mm. im Durchmesser haltende Glasröhre mittelst eines Kautschukaufsatzes befestigt. Hierauf wird an das Ende *h* der den Hahn tragenden Messingröhre ein mit ausgekochtem Wasser gefüllter Kautschukballon aufgesetzt, der Hahn geöffnet und bei verticaler Stellung des Instrumentes durch Drücken auf den Kautschukballon alle noch in der Glocke befindliche Luft durch den Conus *C*, die Ansatzröhren *d* und die calibrirte Röhre entfernt, so dass letztere bis zu ihrem Ende mit Wasser gefüllt ist. Hierauf wird der Hahn *g* geschlossen; hat man vorher die Silberplatte sorgfältig berusst, so ist der Apparat zum Versuche bereit. Die Art des Versuches ist ohne weiteres klar; es wird zunächst das Instrument, wie das Pouillet'sche Pyrheliometer, nach seinem

Schatten so gegen die Sonne orientirt, dass die Strahlen die geschwärzte Platte unter senkrechter Incidenz treffen. Die angesetzte calibrirte Röhre wird dabei durch ein Stativ in möglichst horizontaler Lage gehalten und das Fortschreiten des Wasserfadens in derselben nach einer Secundenuhr von Minute zu Minute oder auch in längeren Intervallen, beobachtet; ist so viel Eis geschmolzen, dass sich der Wasserfaden bis in die Nähe der Ansatzröhre *d* zurückgezogen hat, so drückt man aus dem Kautschukballon, bei geöffnetem Hahne *g*, noch so viel Wasser in die Glocke *A* nach, dass das Ende des Wasserfadens wieder am offenen Ende der calibrirten Röhre zu stehen kömmt. Wird nun der Hahn geschlossen, so kann der Versuch von neuem beginnen und so lange fortgesetzt werden, als genügend Eis sich in der Glocke befindet.

Es ist klar, dass bei dieser Anordnung des Versuches das Fortrücken des Wasserfadens in der calibrirten Röhre direct die Intensität der Sonnenstrahlung in Calorien angeben würde, wenn nicht auch in Folge der umgebenden wärmeren Luft ein Schmelzen des Eises einträte; um diesen Einfluss zu eliminiren, muss bei gleicher Aufstellung des Apparates womöglich vor und nach dem eigentlichen Versuche das Fortschreiten des Wasserfadens beobachtet werden, während die Sonnenstrahlen durch einen vorgestellten Schirm, dessen Dimensionen so klein als möglich zu wählen sind, um nicht die freie Ausstrahlung des Apparates gegen den Himmel zu hindern, vom Apparate abgeblendet sind. Die Differenz der Ablesungen mit und ohne Sonnenstrahlung gibt dann, in Calorien ausdrückbar, die Intensität der letzteren.

Bedeutet nämlich n die Anzahl Theilstriche der Scala, um welche der Wasserfaden sich in einer Minute zurückgezogen hat, und ist v das Volumen der Glasröhre zwischen zwei Theilstrichen in CC., so ist die durch Schmelzung des Eises verursachte Volumenverminderung pro Minute $= n.v$ CC. Durch Multiplication von $n.v$ mit dem Werthe des Bruches $\frac{S_0 S_0^1}{S_0 - S_0^1}$, wo S^0 das specifische Gewicht des Wassers bei 0° = 0·99988 und S_0^1 dasselbe von Eis bei 0° = 0.91674 bedeutet, erhält man das Gewicht des pro Minute geschmolzenen Eises. Dieser Werth

multiplicirt mit der Schmelzungswärme des Eises = 80·025 Calorien gibt die pro Minute aufgenommene Wärmemenge in Calorien, bezogen auf Gramme, nämlich $= n.v.882{\cdot}3$. Da aber das Wasser, das sich aus der calibrirten Röhre in das Versuchsgefäss zurückzieht, die Temperatur der Umgebung hat, so ist die durch Abkühlung dieses Wassers auf 0° frei werdende Wärmemenge noch von der obigen in Abzug zu bringen, sobald es sich um Auswerthung der directen Beobachtungen handelt. Es werden aber pro Minute $n.v$ CC. Wasser von der Temperatur t der Umgebung auf 0° abgekühlt, mithin beträgt die abgegebene Wärmemenge $n.v.t$ Calorien. Die von der Sonne allein zugeführte Wärmemenge ist mithin $= n.v\,(882{\cdot}3 - t)$. Ist ferner d der Durchmesser der bestrahlten Kreisfläche, so erhält man für die Wärmemenge w pro Quadratcentimeter und Minute in Calorien, bezogen auf Gramme, den Werth

$$w = \frac{n.v\,(882{\cdot}3 - t)}{\pi\left(\frac{d}{2}\right)^2}.$$

Dies ist die Formel, nach welcher die nachfolgenden Resultate aus den directen Beobachtungen gewonnen wurden.

Bevor wir zur Mittheilung der Beobachtungsresultate selbst schreiten, müssen wir eines Übelstandes erwähnen, der sich in Folge eines Mangels in der Construction unseres Apparates bei den Versuchen geltend machte. Es stellte sich nämlich bei unmittelbar aufeinander folgenden Versuchen, wobei das Instrument der Sonnenstrahlung ausgesetzt war, heraus, dass stets die ersteren Resultate etwas grösser waren, als die nachfolgenden und dass letztere erst nach Verlauf von einiger Zeit einen constanten Werth annahmen. Es hat dies ohne Zweifel seinen Grund in der Bildung einer stagnirenden Wasserschicht im Gefässe unterhalb der geschwärzten Platte, welche erst einen stationären Zustand erreichen muss, bevor die Versuche ihren regelmässigen Verlauf weiter nehmen. Es würde sich diese constante Grösse, um welche die späteren Beobachtungen zu klein ausfallen, aus einer jeweiligen Vergleichung derselben mit den ersteren Resultaten wohl mit ziemlicher Genauigkeit ermitteln lassen, allein es unterliegt keinem Zweifel, dass man dem Apparate auch eine solche Einrichtung wird geben können, wobei die

Entstehung einer derartigen stagnirenden Wasserschicht vermieden wäre; auch beim Pouillet'schen Pyrheliometer ist ja die Vermeidung derselben eine wesentliche Bedingung.

Um den Einfluss einer stagnirenden Wasserschichte auf die Versuche zu verdeutlichen, wollen wir mit der ausführlichen Mittheilung einer längeren Beobachtungsreihe beginnen, welche am 2. April 1873 zu Strassburg angestellt wurde.

Die Beobachtung begann um $10^h 15'$ Vormittags. Die Zahlen bedeuten den an einer Millimeterscala abgelesenen jeweiligen Stand des Wasserfadens in der calibrirten Röhre, die Ablesungen geschahen von Minute zu Minute.

	Mit Sonne.	Differenz.	Ohne Sonne.	Differenz.
Temp. = 18·0	288		316	
	211	77	269	47
	135	76	220·5	48·5
	58·5	76·5	171·5	49
			124·5	47
			78·5	46
	323·5		290	
	251·5	72	245	45
	181·5	70	202	43
	111·5	70	157	45
	40·5	71	110·5	46·5
			* 22·5	88
	300·5		318	
	231	69·5	274	44
	163·5	67·5	231	43
	* 36·5	127	188·5	43·5
			*105·5	83
			62·5	43
	332		326	
	268	64	282·5	43·5
	201·5	66·5	240·5	42
	135·5	66	197·5	43
	68·5	67	156	41·5
			115·5	40·5
Nach Verlauf von 2 Minuten.			75	40·5

	Mit Sonne.	Differenz.	Ohne Sonne.	Differenz.
Temp. = 19·5	335		331	
	271·5	63·5	288	43
	207	64·5	246	42
	142	65	204	42
	76	66	162·5	41·5
	Nachgefüllt.		121·5	41
	331		79·5	42
			Nachgefüllt.	
	264	67	337·5	
	198	66	296	41·5
	* 66·5	132·5	255·5	40·5
			215	40·5
			174·5	40·5
	340			
	277	63		
	212 5	64·5		
	148·5	64		
	81·5	67		
	Nachgefüllt.			
	326·5			
	2 0	66·5		
	194·5	65·5		
	129·5	65		
	64·5	65		

12h 10'. Temp. = 20·5

* Nach Verlauf von 2 Minuten.

Zur Auswerthung der vorstehenden Zahlen wurde auf die Weise verfahren, dass mit jeder Beobachtung „mit Sonne" die letzten Zahlen der vorhergehenden und die ersten Zahlen der nachfolgenden Beobachtung „ohne Sonne" combinirt wurden. Die Differenz dieser Beobachtungen „mit Sonne" und „ohne Sonne", im Nachfolgenden mit n bezeichnet, gibt somit die Anzahl Scalentheile, um welche sich der Wasserfaden zu der betreffenden Zeit in einer Minute zurückgezogen hätte, wenn das

Instrument blos der Erwärmung durch die Sonnenstrahlen, nicht auch durch die umgebende Luft, ausgesetzt gewesen wäre. Aus den Beobachtungszahlen ergeben sich somit die folgenden sechs Versuchsreihen.

I.		II.		III.	
M. S.	O. S.	M. S.	O. S.	M. S.	O. S.
77	47	72	47	69·5	45
76	48	70	46	67·5	44
76·5	49	70	45	63·5	44
		71	43	63·5	43·5
$n = 28·5$		$n = 25·6$		$n = 22·8$	

IV.		V.		VI.	
M. S.	O. S.	M. S.	O. S.	M. S.	O. S.
64	41·5	63·5	41·5	63	
66·5	41·5	64·5	40·5	64·5	40·5
66	43	65	40·5	64	40·5
67	43·5	66	43	67	40·5
	42	67	42	66·5	
	43	66	42	65·5	
		66			
$n = 23·5$		$n = 23·7$		$n = 24·8$	

Berechnet man diese sechs Versuchsreihen nach der Formel

$$w = \frac{n \cdot v\,(882·3 - t)}{\pi\left(\frac{d}{2}\right)^2},$$

wo w die Anzahl Calorien pro □Cm. und Minute, n die Zahl Theilstriche pro Minute, v den Werth eines Theilstriches in Cubikcentimetern, t die Temperatur der Umgebung, d den Durchmesser der Silberplatte bedeutet, wobei $d = 10·6$ Cm. und $v = 0·00497$ CC. bis zu den im Juni angestellten Versuchen, bei letzteren $0·00761$ CC. betrug, so erhält man für die vorstehenden Versuche die folgenden sechs Wärmewerthe:

$$w_1 = 1 \cdot 387$$
$$w_2 = 1 \cdot 246$$
$$w_3 = 1 \cdot 110$$
$$w_4 = 1 \cdot 144$$
$$w_5 = 1 \cdot 153$$
$$w_6 = 1 \cdot 207.$$

Diese sechs Zahlen lassen deutlich den Einfluss der stagnirenden Wasserschichte erkennen; denn da die Beobachtungen sämmtlich im Laufe eines Vormittages angestellt wurden, also bei stets wachsender Sonnenhöhe, so müssten auch die Werthe von w beständig wachsen. Allein man sieht, dass dies erst von der dritten Beobachtung an stattfindet; während der beiden ersten hatte die stagnirende Wasserschichte somit noch nicht ihren stationären Zustand erreicht. Man sieht aus der Grösse der ersten Beobachtung, dass der constante Werth, um welchen die vier letzten Beobachtungen demnach zu klein sind, ein nicht unbedeutender ist und dies ist von Interesse in Bezug auf die weiter unten anzustellende Vergleichung mit den Werthen, welche Pouillet erhielt.

Die nachfolgenden Beobachtungen sind alle bei bereits stationärem Zustande der stagnirenden Wasserschichte angestellt und daher untereinander und mit den vier letztvorangegangenen Werthen vergleichbar.

An demselben Tage, an welchem die eben besprochenen sechs Beobachtungsreihen ausgeführt wurden, war um 5^h Abends $n = 7 \cdot 7$ und w somit auf $0 \cdot 384$ herabgesunken.

Es ist hierbei wie bei den folgenden Versuchen als selbstverständlich vorausgesetzt, dass nur bei gleichmässig klarem Himmel beobachtet wurde.

Versuche vom 1. April 1873.

Zeit.	n	t	w
$11^h 15'$	24·15	22·0	1·170
$5^h\ 0'$	8·5	18·0	0·415
$5^h 15'$	7·4	18·0	0·361

Versuche vom 3. April, auf der Plattform des Münsters angestellt.

Zeit.	*n*	*t*	*w*
12h 10′	23·4	18·7	1·139
12h 35′	22·9	18·7	1·114

Versuche vom 29. Juni 1873.

	Zeit.	*n*	*t*	*w*
Vormittag.	6h 30′	11·3	17·8	0·843
	6h 50′	13·3	18·0	0.992
	7h 20′	14·5	19·0	1·081
	12h 15′	16·6	26·0	1·226

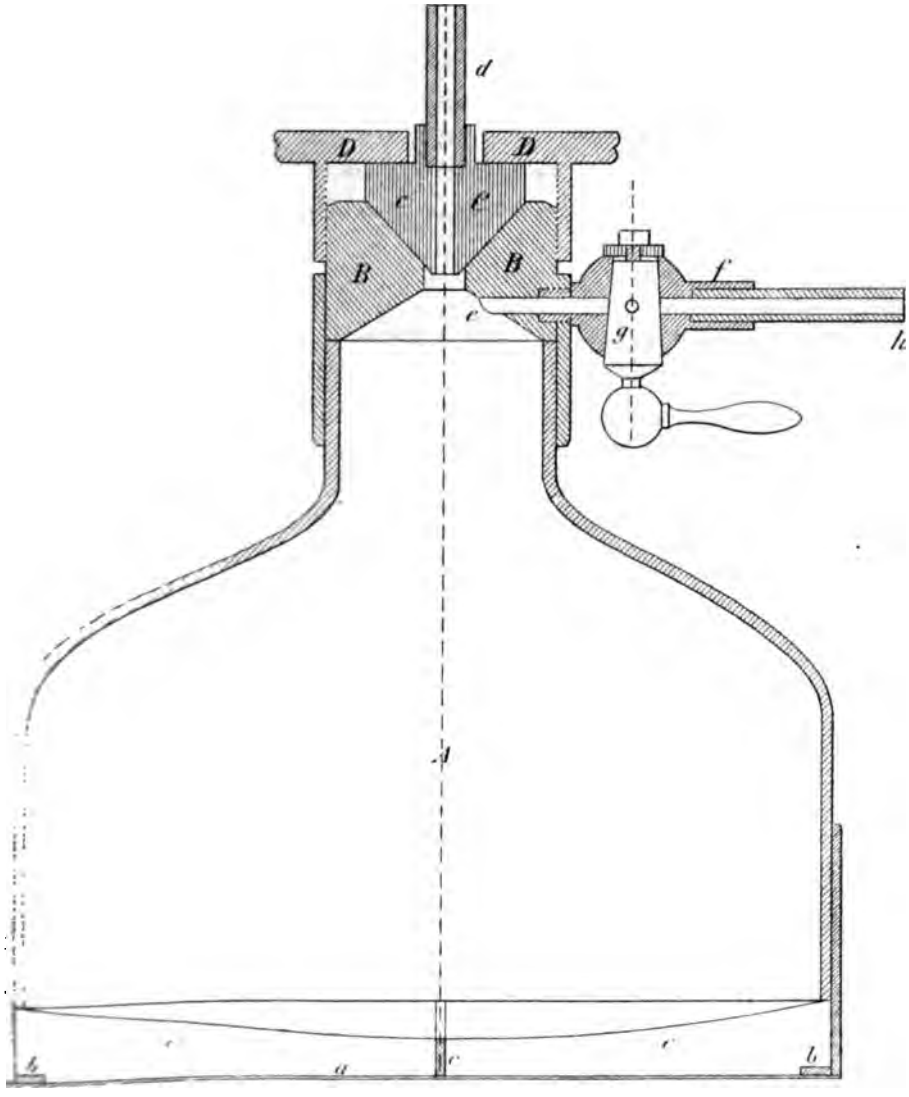
Diese Versuche zeigen deutlich die Abhängigkeit des Werthes von *w*, von der Sonnenhöhe; was uns jedoch veranlasste, trotz der oben erwähnten noch mangelhaften Einrichtung unseres Instrumentes und der wenigen nur vorläufig angestellten Beobachtungen, die Resultate derselben zu veröffentlichen, ist der Umstand, dass die absoluten Werthe, welche wir erhielten, nicht unbedeutend grösser sind, als diejenigen, zu welchen Pouillet gelangte. Denn reducirt man die Pouillet'schen Werthe auf dieselben Masse und Einheiten, welche unseren Zahlen zu Grunde liegen, so erhält man z. B. für den Monat Juni und die Sonnenhöhe 12h die Zahl 1·140, während wir nach der zuletzt angeführten Beobachtungsreihe noch für die Höhe von 12h 15′ 1·226 erhielten. Nun ist noch zu bemerken, dass unsere Zahlen jedenfalls zu klein sind — die Beobachtungen beziehen sich auf schon vorhandenen stationären Zustand der stagnirenden Wasserschichte — und zwar nach beiläufigen Bestimmungen, um mindestens 20%—25%, so dass demnach die Pouillet'schen Zahlen als wesentlich zu klein zu betrachten sind. Dass derartige Differenzen lediglich durch ungleichen Gehalt der Luft an absorbirenden Dünsten hervorgerufen werden könnten, ist nicht anzunehmen, denn es bezieht sich das eben Gesagte nicht nur auf den betreffenden Fall, sondern auf unsere respective Pouillet's sämmtliche Beobachtungen.

Wir glauben daher, dass die Mittheilung der vorliegenden Versuche insofern gerechtfertigt erscheint, als dieselben darthun,

dass sich das Princip des Eiscalorimeters mit Vortheil zur Bestimmung der Intensität der Sonnenstrahlung verwenden lässt; insbesondere wenn es sich darum handeln wird, exacte Normalbestimmungen auszuführen, halten wir die Anwendung desselben, nach Beseitigung der jetzt noch bestehenden Mängel, für eine sehr zweckmässige.

Es sei uns schliesslich gestattet, Herrn Prof. Kundt, welcher die Güte hatte, speciell zum Zwecke der vorliegenden Untersuchung zwei Exemplare unseres Apparates anfertigen zu lassen, hierfür unseren Dank auszusprechen.

Strassburg, im December 1873.


d
D
D
c
c
B
B
f
c
g
h
d
b
a
c
c
b

Beiträge zur Feststellung der Lagerungsformel der Allylverbindungen und der Acrylsäure.

Von dem c. M. Eduard Linnemann.

(Vorgelegt in der Sitzung am 8. Februar 1874.)

Zweite Abtheilung.

Über die bei mittlerer Temperatur in saurer Lösung stattfindende vollständige Hydrogenisation der Acrylsäure zu Propionsäure.

Um das Verhalten der Acrylsäure gegen den aus saurer Lösung nascirenden Wasserstoff bei mittlerer Temperatur zu untersuchen, wurden 5 Grm. des in der ersten Abtheilung dieser Untersuchung beschriebenen acrylsauren Natrons durch 25 Stunden mit Zink und Schwefelsäure behandelt, derart, dass während dieser Zeit durch allmäliges Nachgiessen verdünnter Schwefelsäure eine stete, aber schwache Gasentwicklung unterhalten wurde.

Nimmt man diese Operation in einer geräumigen Woulf'schen Flasche vor, welche gänzlich mit granulirtem Zinke angefüllt ist, so bleibt die saure Flüssigkeit während der ganzen Dauer der Operation in allen ihren Theilen gleichmässig mit Zink in Berührung. Wählt man ferner die zu der anfangs sehr concentrirten Lösung von acrylsaurem Natron hinzuzugebende Schwefelsäure nicht stärker als im Verhältnisse von 1 Theil Säure auf 10 Theile Wasser, und giesst auf einmal immer nur eine kleine Menge davon zu, so findet während dem ganzen Verlaufe der Operation keine bemerkbare Erhöhung der Temperatur statt. Diese betrug im Durchschnitte $+15°$ C.

Nach der ersten 25stündigen Behandlung mit Schwefelsäure und Zink, wurde die flüchtige Säure, nach dem Ansäuern mit Schwefelsäure, so vollständig wie nur erreichbar aus der Zinkvitriollösung abdestillirt, das saure Destillat mit Soda neu-

tralisirt, die Natronlösung bis auf ein sehr kleines Volum eingedampft und die ganze Operation nochmals durch die Dauer von 25 Stunden wiederholt.

Die in Untersuchung gezogene Acrylsäure war somit durch 50 Stunden bei +15° C. mit Zink und Schwefelsäure behandelt worden.

Die nach der Behandlung vorhandene flüchtige Säure wurde nun nochmals so vollständig wie erreichbar abdestillirt, die sehr voluminösen wässrigen Destillate mit Soda neutralisirt und zur Trockne gebracht.

Schon eine kurze Voruntersuchung ergab, dass das erhaltene Natronsalz kein acrylsaures Natron mehr war, sondern propionsaures Natron.

Um das Reactionsproduct rein zu erhalten, wurde das auf dem Wasserbade getrocknete Natronsalz mit einer kleinen Menge absoluten 99procentigen Alkohols ausgekocht. Beim Abkühlen der kochend filtrirten Lösung krystallisirte reichlich propionsaures Natron in den so charakteristischen mikroskopischen Formen aus. Die vom Salze abgetropfte alkoholische Mutterlauge wurde stets von Neuem zum Auskochen des rohen Salzes verwendet, und diese Operation so lange fortgesetzt, bis beim Erkalten kein Krystallisiren mehr stattfand. Als in Alkohol unlöslich blieb nur eine geringe Menge schwefelsauren und kohlensauren Natrons. Es liess sich in diesem Rückstande selbst mittelst der so empfindlichen Jodwasserstoffsäure keine Acrylsäure nachweisen.

Da das acrylsaure Natron beim Abkühlen seiner kochend bereiteten Lösung in absolutem Alkohol nicht krystallisirt, so hätte das etwa noch vorhandene unveränderte acrylsaure Natron nur in der alkoholischen Mutterlauge des propionsauren Natrons vorhanden sein können. Um die etwaige Gegenwart desselben in dieser nachzuweisen, wurde dieselbe aus einem Kölbchen bis auf etwa ein Drittel ihres ursprünglichen Volums abdestillirt. Dabei schied sich kein Salz aus, was beim Vorhandensein grösserer Mengen von acrylsaurem Natron unbedingt hätte der Fall sein müssen; wohl aber krystallisirte aus der so eingeengten Mutterlauge beim Abkühlen wieder reichlich propionsaures Natron. Beim Wiederholen der Operation traten dieselben Er-

scheinungen ein, und nur die allerletzten Mutterlaugen, etwa 15 CC. betragend, enthielten eine Spur von unverändertem acrylsaurem Natron, gerade hinreichend, um mit dem so empfindlichen Reagens, der Jodwasserstoffsäure, eben noch deutlich in Form von Jodpropionsäure nachgewiesen werden zu können.

Die Acrylsäure war also unter den beschriebenen Umständen bis auf eine verschwindend kleine Menge in Propionsäure übergegangen.

Zur Erlangung der nöthigen analytischen Belege wurde das aus Alkohol krystallisirt erhaltene propionsaure Natron zunächst über Schwefelsäure getrocknet und dann vorsichtig geschmolzen. Von diesem, beim Lösen schwach alkalisch reagirenden Salze wurde eine Natronbestimmung ausgeführt, und durch eine Verbrennung mit Bleichromat der Wasserstoffgehalt festgestellt. Ein Theil des Natronsalzes wurde hierauf in Silbersalz übergeführt und das zweimal umkrystallisirte Silbersalz zu einer Silberbestimmung verwendet.

0·2850 Grm. Natronsalz gaben 0·2120 Grm. über dem Gebläse geschmolzenes Na_2SO_4.

0·3585 Grm. Natronsalz gaben bei Verbrennung 0·1700 Grm. H_2O.

	Berechnet	Gefunden
$C_3H_5NaO_2$		
Na	23·95	24·09
H	5·20	5·27

0·2518 Grm. Silbersalz hinterliessen ohne zu verpuffen: 0·1493 Grm. Ag entsprechend 59·26 Proc. Ag. Propionsaures Silber verlangt 59·66 Proc. Ag.

Die aus den ursprünglichen 5 Grm. acrylsauren Natrons erhaltene Gesammtmenge geschmolzenes propionsaures Natron betrug 1·3 Grm. Diese Ausbeute darf in Anbetracht der Schwierigkeit, flüchtige Fettsäuren aus so verdünnten wässrigen Lösungen ohne Verlust abzuscheiden, ferner mit Rücksicht darauf, dass die flüchtige Säure durch das fortwährend entweichende Wasserstoffgas nicht unbeträchtlich verflüchtigt werden muss, als eine immerhin lohnende bezeichnet werden.

Das Ergebniss dieser Untersuchung ist demnach:

„Dass die Acrylsäure selbst bei mittlerer Lufttemperatur auch den aus saurer Lösung nascirenden Wasserstoff aufnimmt, und somit durch alle bekannten gewöhnlichen Hydrogenisationsmittel in Propionsäure übergeführt wird."

Das Endresultat der Untersuchung von Caspary und Tollens: „Mit Zink und Schwefelsäure geht die Acrylsäure nicht in Propionsäure über" ist demnach ein Ausspruch, der geradezu das Gegentheil der Wahrheit behauptet.

Dritte Abtheilung.

I. Verhalten des Allylalkohols gegen den aus saurer Lösung nascirenden Wasserstoff.

Der zu den nachfolgenden Versuchen verwendete Allylalkohol war nach den Tollens'schen Angaben aus Glycerin und Oxalsäure bereitet. Möglichst mit Pottasche entwässert, destillirte er vollkommen zwischen 88—98° C.

Ich habe zunächst 20 Grm. dieses Alkohols durch 20 Stunden im kochenden Wasserbade am Rückflusskühler mit Schwefelsäure und granulirtem Zink behandelt. Nach je fünfstündiger Einwirkung wurde abdestillirt und das Destillat von Neuem der Behandlung unterworfen.

Als zuletzt der vorhandene Alkohol auf das sorgfältigste durch Destillation, Sättigen des Destillates mit Pottasche, neuerliche Destillation etc. abgeschieden wurde, ergab sich, dass bei weitem die grösste Menge Alkohols durch das entwichene Wasserstoffgas verflüchtigt worden; denn die Menge des wiedergewonnenen Alkohols betrug nur etwa 1 Grm.

Der so erhaltene Alkohol unterschied sich im Geruche durch nichts vom ursprünglichen Allylalkohol, ja er gab auch beim Behandeln mit Chromsäure den so charakteristischen Acroleïngeruch.

Als ich aber den Alkohol vollständig mit Chromsäure oxydirte, erhielt ich ausser etwas Ameisensäure eine flüchtige Fettsäure, deren Silbersalz den Silbergehalt des propionsauren Silbers zeigte.

Da bei der Oxydation des Allylalkohols durch Chromsäure nach den Angaben von Tollens weder Acrylsäure, noch, ausser Ameisensäure, eine andere Fettsäure erhalten wird, so musste der von mir oxydirte, zuvor mit Wasserstoff behandelte Allylalkohol „normalen Propylalkohol" enthalten haben, dessen Gegenwart in erster Linie als die Ursache der stattgefundenen Propionsäurebildung anzusehen war.

Es muss noch hervorgehoben werden, dass nach der Oxydation das Destillat in seinen ersten Antheilen etwas nach Acrolein roch, und deshalb nochmals bis zum Verschwinden des Acroleïngeruches mit Chromsäure behandelt wurde. Das saure Destillat enthielt nun ausser Propionsäure noch Ameisensäure, die durch anhaltendes Kochen mit überschüssigem Silberoxyd möglichst zerstört wurde. Durch möglichst vollständiges Auskrystallisirenlassen wurden 0·45 Grm. Silbersalz erhalten, welches übrigens nach dem Aussehen und nach dem Verhalten bei wiederholtem Kochen mit Wasser, wobei eine schwache Reduction bemerklich war, noch etwas ameisensaures Salz enthalten haben möchte.

Das über Schwefelsäure getrocknete Salz hinterliess beim Glühen, wobei es sich ohne zu verpuffen zersetzte, den Silbergehalt des propionsauren Silbers, welches 59·66 Proc. Ag verlangt.

1. 0·1810 Grm. gaben: 0·1085 Grm. Ag = 59·94 Proc.
2. 0·1315 „ „ 0·0790 „ „ = 60·07 „

Sieht man die erhaltenen 0·45 Grm. propionsaures Silber als Äquivalent des im oxydirten Alkohol vorhanden gewesenen normalen Propylalkohols an, so hatte der mit Wasserstoff behandelte Allylalkohol 18 Proc. normalen Propylalkohols enthalten. Dieser Percentsatz muss als ein Minimum genommen werden, da das in der Mutterlauge verbliebene Salz bei dieser Rechnung vernachlässigt wurde.

Nach diesen Resultaten hielt ich es für geboten, zunächst einmal den für diese Untersuchung dienenden ursprünglichen Allylalkahol für sich zu oxydiren, um festzustellen, ob dieser nicht an und für sich schon bei Oxydation Propionsäure liefere.

Bei diesem Versuche konnte ich mich nun zunächst überzeugen, dass die von Tollens angewandte Menge Kaliumbichromat nicht ausreicht, den Allylalkohol vollständig zu oxydiren.

Als ich 20 Grm. Allylalkohol, 80 Grm. englische Schwefelsäure, $1^1/_2$ Litre Wasser und 60 Grm. saures chromsaures Kali auf einander einwirken liess, enthielt das Destillat Acrolein und Allylalkohol. Es musste das Destillat wiederholt mit Chromsäure destillirt werden, bis diese Erscheinung nicht mehr eintrat. Das saure Destillat enthielt nun keinen neutralen flüchtigen Körper, auch kein Aceton, auf welches ich sorgfältig gesucht habe. Das saure Destillat wurde nun anhaltend mit einem Überschuss an Silberoxyd gekocht, wobei in Folge Anwesenheit von Ameisensäure starke Reduction eintrat. Die Silberlösung wurde nach dem Eindampfen bis zur Trockene und Wiederaufnahme mit Wasser mit Soda gefällt, die Natronsalzlösung zur Trockene gebracht und mit kochendem absolutem Alkohol aufgenommen, wobei beim Erkalten Krystallisation stattfand. Aus dem gesammten in absolutem Alkohol löslichen Natronsalze wurde ein Silbersalz dargestellt, dessen Menge 0·32 Grm. betrug, und welches nach zweimaligem Umkrystallisiren beim Glühen ohne zu verpuffen einen dem Silbergehalt des propionsauren Silbers, d. i. 59·66 Proc. Ag entsprechenden Rückstand liess.

1. 0·1285 Grm. gaben: 0·0770 Grm. Ag = 59·92 Proc.
2. 0·1495 „ „ 0·0895 „ „ = 59·86 „

Aus diesem Oxydationsversuche mit dem ursprünglichen Allylalkohol folgt somit, dass dieser gleichfalls etwas normalen Propylalkohol enthielt, dessen Menge nach der Quantität gefundenen propionsauren Silbers sich auf 6 Proc. berechnet.

Die Existenz von normalem Propylalkohol im ursprünglichen Allylalkohol lässt sich dadurch erklären, dass der rohe Allylalkohol zum Zwecke der Entseifung längere Zeit im Wasser-

habe mit Kali behandelt und dann über dasselbe abdestillirt worden. Damals, als diese Operation vorgenommen wurde, war das Verhalten des Allylalkohols gegen Kali noch nicht durch Tollens bekannt gemacht, und ich hatte keine Ursache, zu fürchten, den Allylalkohol durch diese Operation zu verunreinigen.

Fasst man nun die Resultate der zwei vorstehenden Versuche zusammen, so ergibt sich nach dem Resultate der Oxydation, dass:

1. 20 Grm. des ursprünglichen Allylalkohols 0·13 Grm. normalen Propylalkohol enthielten oder 6 Proc.
2. Dass 20 Grm. des 20 Stunden mit nascirendem Wasserstoff behandelten Allylalkohols 1 Grm. eines Alkohols lieferten, der 0·18 Grm. oder 18 Proc. normalen Propylalkohols enthielt.

Daraus folgt aber zur Gewissheit, selbst wenn man die gezwungene Annahme macht, sämmtlicher im ursprünglichen Allylalkohol vorhanden gewesene Propylalkohol hätte sich im Fall 2) beim Behandeln mit Wasserstoff in den restirenden 1 Grm. Alkohol concentrirt: „dass nach dem Behandeln mit Wasserstoff mehr normaler Propylalkohol vorhanden war, als vor der Behandlung".

Das Resultat dieser Versuche machte es zum mindesten im höchsten Grade wahrscheinlich, dass der Allylalkohol beim Behandeln mit Zink und Schwefelsäure Wasserstoff aufnehme und in normalen Propylalkohol übergehe; so dass ich mir nun zunächst die Aufgabe stellen musste, einen Allylalkohol zu bereiten, der frei von Propylalkohol war, um mit diesem die Versuche zu wiederholen und zu erweitern.

Zu dem Zwecke suchte ich den mir zu Gebot stehenden Allylalkohol zunächst mit Brom zu verbinden, dieses Bromid durch Waschen mit Wasser vollständig von Propylalkohol zu befreien, und das so gereinigte Bromid durch Entbromung in reinen Allylalkohol überzuführen.

II. Reinigung des Allylalkohols mittelst des Allylalkoholbromids.

Zur Darstellung des Bromides habe ich 20 Gramm Allylalkohol in 150 CC. Wasser gelöst und langsam Brom bis zur bleibenden Färbung, d. i. circa 50 Grm. hinzutropfen lassen. Das Brom verschwindet ohne Zischen, jedoch muss von aussen gekühlt werden, um eine Erhitzung zu vermeiden.

Es schied sich nur wenig Öl ab, statt der berechneten 70 Grm. nur 15 Grm. Entfernt man jedoch das ausgefallene Öl mittelst Scheidetrichter, fügt der wässerigen Lösung abermals 20 Grm. Allylalkohol und 50 Grm. Brom zu, so fallen bei dieser zweiten Operation bereits 50 Grm. Öl aus. Wird das Öl abermals entfernt und die Operation wiederholt, so steigert sich die Menge ausfallenden Öles mit jeder Operation noch um etwas. Ich habe es jedoch nicht für zweckmässig gehalten, auf diese Weise mehr als 100 Grm. Allylalkohol und 250 Grm. Brom in 150 CC. Wasser einzutragen.

Das auf diese Weise aus 100 Grm. Allylalkohol direct durch Ausfallen erhaltene Öl betrug 240 Grm., statt der anzuhoffenden 350 Grm. Ein beträchtlicher Theil der gebildeten Verbindung musste demnach noch in Lösung geblieben sein, und es konnten aus der wässerigen Lösung in der That durch Ausschütteln mit Äther und Abdestilliren desselben noch 85 Grm. Öl erhalten werden, so dass gegen die Berechnung nur noch ein Ausfall von 25 Grm. bemerkt werden konnte.

Ich muss jedoch hier ausdrücklich hervorheben, dass ich zu den nachfolgenden Versuchen jenen durch Äther ausgezogenen Theil des Bromids nicht verwendet habe, sondern nur solches Bromid, welches direct aus der wässerigen Lösung ausgefallen war.

Dieses suchte ich nun durch fortgesetztes Schütteln und Waschen mit stets erneuerten kleinen Mengen Wassers zu reinigen; indem ich mir das Ziel setzte, das Waschen so lange fortzusetzen, bis sich ein constanter Löslichkeitsfactor des ungelösten Öles ergab. Ich war also genöthigt, die Volumabnahme des zu waschenden Öles, sowie das Volum des Waschwassers bei jeder einzelnen Waschung genau festzustellen.

Dabei ergab sich nun das interessante Resultat, dass das ausgefallene Allylalkoholbromid aus einem sehr leicht löslichen und aus einem ziemlich schwer löslichen Antheile zusammengesetzt war.

Das schwer lösliche Bromid zeigte übereinstimmend bei mehreren getrennt vorgenommenen Bestimmungen nach völliger Entfernung der leichter löslichen Antheile ein Löslichkeitsverhältniss von 1 : 34, so, dass also dieses Bromid des Allylalkohols bei +15° C. circa 34 Volumtheile Wasser zu seiner Lösung erfordert.

Der leichter lösliche Antheil des Bromides erforderte dagegen nur 3—4 Theile Wasser zu seiner Lösung.

Bemerkt muss noch werden, dass der mit Äther ausgezogene Theil des rohen Bromids nach völliger Entfernung aller unter 100° C. siedenden Antheile sich beim Waschen mit Wasser ganz gleich verhielt. Auch dieses Öl zerfiel beim Waschen in einen schwer löslichen etwa 34 Theile Wasser erfordernden Antheil und in einen sehr löslichen Antheil. Ich habe jedoch hervorgehoben, dass ich das mit Äther ausgezogene Bromid geflissentlich bei den nachfolgenden Versuchen nicht gebraucht habe.

Indem ich auf die Details des Waschprocesses einzugehen auf eine spätere Gelegenheit verschiebe, will ich nur bemerken, dass es noch nicht gelungen ist, den löslicheren Antheil des Bromids rein zu erhalten, es somit noch nicht möglich ist, zu entscheiden, ob die nächstliegendste Vermuthung: das rohe Allylalkoholbromid sei eine Mischung zweier isomerer Körper, ihre Berechtigung hat oder nicht.

Es ist selbstverständlich, dass bei dieser Art der Reinigung ein beträchtlicher Theil des Allylalkoholbromids unbenützt bleiben musste, da nur auf jenen Theil reflectirt werden konnte, dessen Löslichkeitsverhältniss in Wasser bei fortgesetztem Waschen im Verhältnisse von 1 : 34 constant geworden war. So erhielt ich auf 100 Grm. Allylalkohol 240 Grm. direct ausgefallenes und nur 154 Grm. gewaschenes Bromid.

Aber von diesem Allylalkoholbromid durfte wohl auch angenommen werden, dass es keine Spur mehr von dem im ursprünglichen, rohen Allylalkohol vorhanden gewesenen Propylalkohol enthalte.

Indem ich die nähere Beschreibung des reinen Allylalkoholbromid auf später verschiebe, wende ich mich nun zunächst zur Entbromung desselben.

Die von Tollens vorgeschlagene Methode der Entbromung durch Natriumamalgam oder durch Schwefelsäure und Zink konnte ich selbstverständlich nicht brauchen, da ich jede Wirkung von nascirendem Wasserstoffe ausschliessen musste. Ich versuchte deshalb, ob nicht angeätztes, aber von jeder Spur von Säure befreites Zink die Entbromung bewirken könne. Dieses gelang vortrefflich. Das Bromid wirkt bei Gegenwart von Wasser so heftig auf angeätztes Zink, dass man die stürmische Reaction mässigen muss. Ich nahm nicht mehr als 10 CC. Bromid und 20 CC. Wasser auf einmal in Arbeit. Nachdem die Reaction vorüber, wird kurze Zeit am Rückflusskühler im Wasserbade erhitzt, dann über das Zink abdestillirt, die wässrige Lösung nach dem Sättigen mit Pottasche nochmals destillirt und der gewonnene Allylalkohol möglichst mit Pottasche entwässert. Der erhaltene Allylalkohol destillirte gänzlich zwischen 90—98° C. Die Ausbeute war fast der berechnenden Menge gleich 100 Grm. Bromid lieferten 25 Grm. Allylalkohol.

Bevor ich den so gereinigten Allylalkohol zu weiteren Versuchen verwendete, unterwarf ich zunächst eine Probe davon der Oxydation mit Chromsäure.

10 Grm. Allylalkohol, 60 Grm. saures chromsaures Kali, 700 Grm. Wasser und 86 Grm. englische Schwefelsäure wurden 24 Stunden am Rückflusskühler sich selbst überlassen, und dann abdestillirt. Wenn der Retortenrückstand zu concentrirt wird, setzt man frisches Wasser zu und destillirt von Neuem, bis im Ganzen 850 CC. Destillat erhalten sind. Da das Destillat schwach nach Acroleïn roch, wurde ein Drittel abdestillirt und nochmals mit Chromsäure bis zum Verschwinden des Acroleïngeruchs behandelt. Das so erhaltene saure Destillat wurde mit dem ersten vereinigt, zur Zerstörung der Ameisensäure anhaltend mit überschüssigem Silberoxyd gekocht. Das Filtrat enthielt noch Silber, und somit war also auch bei Oxydation des gereinigten Alkohols ausser Ameisensäure noch eine andere flüchtige Säure erhalten worden.

Das Silbersalz wurde nun in Natronsalz umgewandelt, dieses zur Trockene gebracht, und der bleibende geringe Rückstand einem successiven Auskochen mit absolutem Alkohol unterworfen.

Der erste kochend filtrirte Auszug, 5 CC. betragend, krystallisirte beim Erkalten, der nächstfolgende Auszug mit 5 CC. nur schwach, die späteren Auszüge nicht mehr.

Das erhaltene krystallisirte Natronsalz, zu wenig, um seine Natur analytisch festzustellen, erwies sich doch nach allem anderen, vor allem in seiner Krystallform, als propionsaures Natron. Da ausserdem die Natronsalze jener flüchtigen Säuren, welche denkbarerweise bei der Oxydation des Allylalkohols etwa entstehen konnten, wie Acrylsäure und Ameisensäure, aus kochend bereiteten Lösungen in absolutem Alkohol beim Abkühlen nicht krystallisiren, so kann kaum ein Zweifel obwalten, dass das erhaltene Salz propionsaures Natron war, dessen Menge aus dem Löslichkeitsverhältniss desselben sich annähernd auf 0·266 Grm. berechnet, wenn angenommen wird, es sei so viel vorhanden gewesen, um mit 10 CC. kochendem absolutem Alkohol eine gesättigte Lösung zu bilden.

Nimmt man diese 0·266 Grm. propionsaures Natron als Äquivalent für im oxydirten Allylalkohol vorhanden gewesenen normalen Propylalkohol an, so enthielten die 10 Grm. Allylalkohol 0·210 Grm. Propylalkohol.

Der gereinigte, aus Allylalkoholbromid dargestellte Allylalkohol enthielt somit 2·1 Proc. normalen Propylalkohol.

Dass dieser Propylalkohol noch aus dem ursprünglichen rohen Allylalkohol herrühre, und somit im gewaschenen reinen Allylalkoholbromid vorhanden gewesen sein könne, ist schlechterdings nicht denkbar; er kann nur bei der Entbromung des Bromids entstanden sein.

Die Fähigkeit des Allylalkohols, Wasserstoff aufzunehmen, ist in dem Nachfolgenden bewiesen; das Stattfinden einer Wasserstoffentbindung bei der Entbromung von Allylalkoholbromid durch Zink und Wasser aber wird illustrirt durch reichliche Bildung von Zinkoxybromid. So wird denn das gefundene Resultat vollständig erklärlich und verständlich.

Es gelang mir also nicht, auf dem eingeschlagenen Wege einen völlig reinen Allylalkohol zu bereiten. Man wird sich aber in dem Nachfolgenden überzeugen, dass es mir gelang, mit Hilfe dieses Allylalkohols, der einen geringen und zudem bekannten Gehalt an normalem Propylalkohol besass, die Frage, ob sich der Allylalkohol mit Wasserstoff verbinden könne oder nicht, auf das bestimmteste zu entscheiden.

III. Verhalten des gereinigten Allylalkohols gegen Schwefelsäure und Zink bei der Temperatur des kochenden Wasserbades.

10 Grm. aus reinem Allylalkoholbromid dargestellter, zwischen 90° und 98° C. siedender Allylalkohol wurden in 40 CC. Wasser gelöst, 5 Stunden im kochenden Wasserbade am Rückflusskühler mit Zink und Schwefelsäure behandelt. Die Schwefelsäure war mit 6 Theilen Wasser verdünnt und wurde nur in kleinen Antheilen zugegossen, derart, dass eine stete und langsame Gasentwicklung unterhalten wurde. Hierauf wurde der Alkohol abdestillirt, aufs sorgfältigste mit Pottasche abgeschieden und mit Pottasche getrocknet.

Der erhaltene Alkohol, 7·5 Grm., destillirte gänzlich zwischen 89—97° C. und zeigte noch den charakteristischen Geruch des Allylalkohols.

Nach den früher gemachten Erfahrungen wurde bei der Oxydation dieses Alkohols die Menge des Kaliumbichromats gleich vom Anfang vermehrt. Man nahm auf die erwähnten 7·5 Grm. Alkohol 40 Grm. saures chromsaures Kali, 60 Grm. englische Schwefelsäure und im Ganzen 700 CC. Wasser.

Die Menge des diesmal verwendeten Kaliumbichromats hatte jedoch immer noch nicht zur völligen Oxydation ausgereicht. Der Zufall, welcher diesen glücklichen Umstand veranlasst, gab damit den unumstösslichen Beweis für die Präexistenz des normalen Propylalkohols im hydrogenisirten Allylalkohol; denn, das auch diesmal wieder stark sauer reagirende Destillat im Ganzen circa 800 CC. zeigte, zumal in seinen ersten Antheilen, „den ganz reinen Aldehydgeruch“ in intensiver Weise.

Damit ist aber der Beweis geliefert, dass die bei Oxydation des hydrogenisirten Allylalkohols auftretende Propionsäure nicht etwa ein normales Oxydationsproduct des Allylalkohols ist, sondern wirklich von normalem Propylalkohol herrührt.

Ferner ergibt sich, dass in einer Mischung von Allylalkohol und normalem Propylalkohol der Allylalkohol und sein erstes Oxydationsproduct, das Acrolein, zuerst von der Chromsäure oxydirt werden, und dann erst der Propylalkohol.

Um nun im vorliegenden Falle die Oxydation zu vollenden, wurden von dem gesammten sauren Destillate 250 Grm. abdestillirt, und neuerdings durch einen Uberschuss an saurem chromsauren Kali oxydirt. Das so erhaltene saure Destillat, welches keine Spur leichtflüchtiger neutraler Körper enthielt, weder Aceton noch unveränderten Alkohol, wurde, mit dem früheren vereint, zunächst mit überschüssigem Silberoxyd zur Trockene gebracht, um die vorhandene Ameisensäure zu zerstören, das erhaltene lösliche Silbersalz mit Soda in Natronsalz verwandelt und im trocknen Zustande zuletzt einer successiven Extraction mit kochendem 99procentigem Alkohol unterworfen.

Die zu einer jedesmaligen Extraction benützte Menge Alkohol betrug circa 10 CC. Bei den ersten fünf Operationen krystallisirte nach dem Erkalten noch propionsaures Natron aus; bei den folgenden nicht mehr. Als die Gesammtmenge des Alkohols, aus welchem propionsaures Natron auskrystallisirt war, nach dem Erkalten nochmals gemessen wurde, betrug sie gerade 50 CC.

Die Menge des krystallisirt zu erhaltenden propionsauren Natrons konnte auch hier durch theilweises Abdestilliren der alkoholischen Mutterlaugen, wie dies früher beschrieben, noch etwas vermehrt werden.

Sowohl aus dem krystallisirt erhaltenen propionsauren Natron, als auch aus dem Natronsalze der letzten alkoholischen Mutterlaugen, wurden Silbersalze bereitet, und zwar durch Ausfällen der concentrirten Lösungen mit salpetersaurem Silber, Abpressen und Umkrystallisiren des Ausgefallenen. Salz *a*, aus dem krystallisirten propionsauren Natron erhalten, war zweimal, Salz *b*, aus der Mutterlauge, nur einmal aus kochendem Wasser umkrystallisirt.

Die über Schwefelsäure getrockneten Silbersalze hinterliessen beim Glühen, ohne zu verpuffen, einen Silbergehalt, der mit dem für das propionsaure Silber berechneten von 59·66 Proc. hinreichend übereinstimmt.

Salz *a*. 1. 0·1060 Grm. gaben 0·0630 Grm. Ag = 59·43 Proc.
2. 0·2030 „ „ 0·1215 „ „ = 59·85 „
Salz *b*. 0·1275 „ „ 0·0780 „ „ = 61·18 „

und nach nochmaligem Umkrystallisiren aus kochendem Wasser, wobei schwache Reduction eintrat:

0·0965 Grm. gaben 0·0580 Grm. Ag = 60·10 Proc.

Da sich die zweite Analyse des Salzes *b* bereits merklich dem Silbergehalte des propionsauren Silbers nähert, so beweist dies, dass auch selbst die letzten alkoholischen Mutterlaugen im Wesentlichen propionsaures Natron enthielten.

Die Gesammtmenge des im vorliegenden Falle bei der Oxydation des hydrogenisirten Allylalkohols erhaltenen propionsauren Natrons berechnet sich nach dem Löslichkeitsverhältnisse desselben, wenn man annimmt, es sei so viel desselben vorhanden gewesen, um mit 50 CC. kochendem absolutem Alkohole eine gesättigte Lösung zu bilden, zu 1·33 Grm.

Diese 1·33 Grm. propionsaures Natron entsprechen 1·05 Grm. normalem Propylalkohol, welcher in 7·5 Grm. des durch fünf Stunden bei erhöhter Temperatur mit Zink und Schwefelsäure behandelten Allylalkohols vorhanden waren.

Da der Propylalkoholgehalt des zu den vorliegenden Versuchen verwendeten Allylalkohols nur 2·1 Proc. betrug, nach der fünfstündigen Behandlung mit Schwefelsäure und Zink bei erhöhter Temperatur aber 14·0 Proc., also siebenmal so viel, so unterliegt es keinem Zweifel, dass:

„Der Allylalkohol in erhöhter Temperatur beim Behandeln mit Schwefelsäure und Zink Wasserstoff aufnimmt und in normalen Propylalkohol übergeht.“

IV. Umwandlung des Allylalkohols in normalen Propylalkohol durch Schwefelsäure und Zink, bei mittlerer Lufttemperatur.

Es wurden 15 Grm. des vorerwähnten gereinigten, aus reinem Allylalkoholbromid dargestellten Allylalkohols bei gewöhnlicher mittlerer Lufttemperatur: +12° bis +15° C., mit Schwefelsäure und Zink, durch 25 Stunden hindurch, ganz in der Weise, wie bei der Acrylsäure beschrieben, behandelt. Die hinreichende Grösse der Woulf'schen Flasche gestattete, die 25stündige Einwirkungsperiode zu beenden, ohne den Alkohol dazwischen abzudestilliren.

Hierauf wurde nun das alkoholische Reactionsproduct durch Destillation, durch Destillation des Destillates mit Pottasche etc. möglichst erschöpfend abgeschieden, mit Pottasche entwässert und destillirt. Das erhaltene Product, welches merklich anders als reiner Allylalkohol roch, mehr fuselig und nur hintennach stechend wie Allylalkohol, ging gänzlich zwischen 90—97° C. über und betrug im Ganzen nur 3·2 Grm. Es findet also selbst bei gewöhnlicher Temperatur eine sehr starke Verflüchtigung der alkoholischen Substanz durch das entweichende Wasserstoffgas statt.

Die erhaltenen 3·2 Grm. Alkohol wurden mit 40 Grm. saurem chromsaurem Kali, 60 Grm. Schwefelsäure und 500 CC. Wasser oxydirt. Das saure Destillat, welches schliesslich in einer Gesammtmenge von 500 CC. erhalten wurde, enthielt weder Acrolein, noch unoxydirten Alkohol, noch Ameisensäure, denn es reducirte Silberoxyd nicht. Das gesammte, nach dem Kochen mit Silberoxyd erhaltene lösliche Silbersalz musste deshalb fast ausschliesslich aus propionsaurem Silber bestehen.

Dieser Umstand gestattete, die in den vorhergehenden Versuchen benützte Methode zur Bestimmung des vorhandenen propionsauren Natrons dadurch zu controliren, dass das bei Umwandlung des Silbersalzes in Natronsalz entstehende kohlensaure Silber in Form von Chlorsilber gewogen wurde. Dasselbe betrug 3 Grm.

Bei der successiven Extraction des erhaltenen trockenen Natronsalzes mit kochendem 99procentigem Weingeist wurden

60 CC. kochend gesättigter Lösung erhalten, welche beim Erkalten noch krystallisirte.

Bei der nachträglichen Mehrgewinnung von propionsaurem Natron wurde die alkoholische Mutterlauge diesmal auf dem Wasserbade fast zur Trockne gebracht und das ausgefallene Salz mit etwas kaltem absolutem Alkohol ausgezogen, der gewaschene Rückstand alsdann aber direct mit dem auskrystallisirten Natronsalze vereinigt und durch Fällen der concentrirten Lösung mit salpetersaurem Silber in Silbersalz übergeführt. Das Silbersalz wurde dreimal aus kochendem Wasser umkrystallisirt, wobei anfangs gelinde Reduction eintrat. Bei der dritten Krystallisation wurde aus der Mutterlauge noch ein Salz *b* erhalten. Die Analyse dieser zwei über Schwefelsäure getrockneten Salze ergab nachfolgendes, mit der Zusammensetzung des propionsauren Silbers übereinstimmendes Resultat:

a) 0·0840 Grm. gaben: 0·0500 Grm. Ag
b) 0·3455 „ „ 0·2069 „ „
a+*b*) 0·2993 „ „ 0·2120 „ CO_2 und
0·0770 Grm. H_2O.

	Berechnet für propions. Silber	Gefunden	*a*)	*b*)
C =	19·88	19·32		
H =	2·76	2·85		
Ag =	59·66		59·52	59·88

Die der Oxydation unterworfenen 3·2 Grm. Alkoholgemisch lieferten, nach dem Löslichkeitsverhältniss des propionsauren Natrons, auf 60 CC. kochenden absoluten Alkohol berechnet, 1·6 Grm. propionsaures Natron; nach dem gefundenen kohlensauren Silber, resp. 3 Grm. AgCl, 2·0 Grm. propionsaures Natron. Diese beiden Bestimmungsmethoden nähern sich also hinreichend, um das Mittel, d. i. 1·8 Grm. propionsaures Natron, als der Wahrheit sehr nahekommend, annehmen zu dürfen.

Auf dieser Grundlage berechnet, enthielten die oxydirten 3·2 Grm. Alkoholgemisch 1·4 Grm. normalen Propylalkohol.

Da der ursprüngliche Allylalkohol vor der Behandlung mit Schwefelsäure und Zink nur 2·1 Proc. Propylalkohol enthielt, so waren in den zu dem vorliegenden Versuche verwendeten

15 Grm. Allylalkohol 0·315 Grm. Propylalkohol vorhanden. Nach der Einwirkung des Wasserstoffes wurden aber in 3·2 Grm. hydrogenisirtem Allylalkohol 1·4 Grm. Propylalkohol gefunden, also nahezu fünfmal so viel. Der höhere Gehalt an normalem Propylalkohol in dem nach der Hydrogenisation zurückbleibendem Alkoholgemisch kann also nicht von einer blossen Ansammlung des ursprünglich vorhanden gewesenen Propylalkohols während der Verflüchtigung des Alkohols durch den Wasserstoffstrom herrühren; sondern kann nur einzig und allein mit einer stattfindenden Aufnahme von Wasserstoff und Umwandlung des Allylalkohols in normalen Propylalkohol erklärt werden.

Nach dem Resultate der vorliegenden Versuche enthielt demnach der aus Allylalkoholbromid bereitete Allylalkohol 2·1 Proc. normalen Propylalkohol, nach 5stündigem Behandeln mit Schwefelsäure und Zink bei erhöhter Temperatur 14 Proc. normalen Propylalkohol, nach 25stündigem Behandeln mit Schwefelsäure und Zink bei gewöhnlicher Temperatur aber 43·7 Proc. normalen Propylalkohol.

Wenn diese Versuche auch insofern, als der gebildete normale Propylalkohol nur in Form eines vom Propylalkohol etwas weiter abstehenden Derivates erhalten wurde, zur Zeit mehr als qualitativer Nachweis gelten mögen, so folgt aus ihnen doch unumstösslich:

„Dass der Allylalkohol sich in saurer Lösung mit nascirendem Wasserstoffe verbindet, und dabei normalen Propylalkohol erzeugt."

Nur im Besitze grösserer Mengen von Allylalkohol wird es möglich sein, den gebildeten Propylalkohol selbst im reinen Zustande abzuscheiden. Diese Ergänzung der vorstehend mitgetheilten Versuche behalte ich mir vor.

„Das Endresultat der Tollens'schen Untersuchung über das Verhalten des Allylalkohols gegenüber dem aus saurer Lösung nascirenden Wasserstoffe, der Ausspruch „der Allylalkohol

verbindet sich unter diesen Umständen nicht mit Wasserstoff" behauptet also ebenso bündig das gerade Gegentheil der Wahrheit, als der Ausspruch desselben Forschers über das Verhalten der Acrylsäure gegen Schwefelsäure und Zink dies thut."

Vierte Abtheilung.

Verhalten des Allylalkohols gegen Natriumamalgam.

Um das Verhalten des Allylalkohols gegen Natriumamalgam zu prüfen, wurden je 15 Grm. des reinen aus Allylalkoholbromid dargestellten Alkohols in 150 CC. Wasser gelöst, mit 150 Grm. 5procentigem Amalgam zusammengebracht.

Das Amalgam zerfliesst nur sehr langsam, nachdem dies aber geschehen, wird die alkalische Lösung mit Schwefelsäure übersättigt, der Alkohol abdestillirt und wiederholt unter denselben Bedingungen mit 150 Grm. 5procentigem Amalgam behandelt, bis schliesslich die 15 Grm. Allylalkohol im Ganzen mit 600 Grm. Amalgam in Berührung gekommen.

Als der so behandelte Alkohol schliesslich abgeschieden wurde, zeigte sich, dass im Ganzen nur wenig verloren gegangen; aus 35 Grm. wurden 26·5 Grm. wiedergewonnen. Das Product ging nach dem Entwässern mit Pottasche zwischen 91—98° C. über und zeigte den intensiven Geruch des Allylalkohols.

Bei Oxydation des Alkohols, welche in zwei Operationen vorgenommen wurde, dienten auf 13 Grm. Alkohol, 180 Grm. saures chromsaures Kali, 300 Grm. Schwefelsäure, 1400 Grm. Wasser, und davon wurden zwei Liter saures Destillat erzielt. Dieses enthielt ausser etwas Schwefelsäure nur Propionsäure.

Die Menge der Propionsäure ganz in der früher beschriebenen Weise als Natronsalz bestimmt, ergab, dass 1·1 Grm. propionsaures Natron [1] vorlagen, da 43 CC. kochend gesättigter,

[1] Ein daraus dargestelltes, zweimal krystallisirtes Silbersalz enthielt etwas mehr Silber, als das propionsaure Silber erfordert.

beim Abkühlen noch krystallisirender Lösung in absolutem Alkohol erhalten wurden. Dies entspricht 0·87 Grm. normalem Propylalkohol, und der anhaltend mit Natriumamalgam behandelte Allylalkohol enthielt somit 3·3 Proc. Propylalkohol.

Da der zu den Versuchen verwendete ursprüngliche Allylalkohol 2·1 Proc. Propylalkohol enthielt, nach anhaltendem Behandeln mit Amalgam aber 3·3 Proc. normaler Propylalkohol gefunden wurden, so folgt, dass dem Allylalkohol wohl auch unter den hier hervorgehobenen Umständen die Fähigkeit nicht abgesprochen werden kann, sich mit Wasserstoff zu verbinden, dass aber:

„Der Allylalkohol den aus alkalischer Lösung nascirenden Wasserstoff nur sehr schwierig aufnimmt.

Als wahrscheinliche Ursache dieser Erscheinung darf die rasch vollzogene Umwandlung des Allylalkohols in Natriumallylat angesehen werden, welches letztere die bei der Hydrogenisation des Allylalkohols wahrscheinlich stattfindende Verschiebung von Wasserstoff am Kohlenstoffskelett erschwert.

Ob sich die Wirkung des Natriumamalgams in einer periodisch oder stetig sauer gehaltenen Lösung von Allylalkohol günstiger gestaltet, soll gelegentlich später ermittelt werden.

Es ist wohl vorauszusehen, dass man angesichts der vorliegenden Thatsachen die Anschauung aussprechen wird, die Verbindbarkeit der Acrylsäure und des Allylalkohols mit Wasserstoff lasse sich zwar nicht leugnen, doch finde die Wasserstoffaufnahme viel langsamer und schwieriger statt, wie bei anderen wasserstoffärmeren Körpern.

Ich will das Stattfinden dieses Umstandes nicht bestreiten. Namentlich das Verhalten der Acrylsäure gegen Natriumamalgam weist einen auffallenden Unterschied nach. Meist zerfliesst das Amalgam in Berührung mit der wässerigen Lösung additionsfähiger Körper ohne merkliche Wasserstoffentwicklung. Dies ist bei der Acrylsäure nicht der Fall, das Gas entwickelt sich reichlich, und nur ein kleiner Theil wird zur Bildung von Pro-

pionsäure verwendet. Auch bei Umwandlung des Allylalkohols in Propylalkohol wird nur ein kleiner Theil des bei Berührung von Zink und Schwefelsäure entwickelten Gases verwendet.

Es ist, als ob die Energie des nascirenden Wasserstoffes erst darauf verwendet werden müsste, die Elemente des Allylalkohols in ein anderes, aber sehr labiles Gleichgewicht zu bringen, aus welchem sie rasch wieder in die ursprüngliche Lage verfallen. Nur die wenigen Wasserstoffatome, welche den Allylalkohol im Momente der geänderten Gleichgewichtslage antreffen, geben zur Bildung von Propylalkohol Anlass. Durch derartige Vorstellungen etwa könnte man die Thatsachen etwas verständlicher machen.

Aber, alles dies zugestanden, muss hervorgehoben werden, dass Acrylsäure und Allylalkohol in dieser Beziehung nicht vereinzelt dastehen, und ich glaube, dass es ohne genaue vergleichende Versuche nicht angeht, ohne weiters zu sagen: der eine Körper verbinde sich leichter oder schwerer mit Wasserstoff als der andere.

Wenn der Grad der Verbindungsfähigkeit des Allylalkohols und der Acrylsäure vorderhand also auch noch unbestimmt bleibt, ja selbst wenn zugegeben wird, dass beide Körper nicht in erster Reihe in Bezug auf diese Fähigkeit stehen, so ist doch zweifellos, dass sie sich überhaupt mit Wasserstoff verbinden, und dass auch frühere Beobachter in ihrem mit Wasserstoff behandelten Allylalkohol und in ihrer der Einwirkung nascirenden Wasserstoffes ausgesetzten Acrylsäure unbekannte Mengen von Propylalkohol, resp. Propionsäure, vorliegen hatten.

Ich habe in dem mit Wasserstoff behandelten Allylalkohol weder direct bei der Destillation des Productes, noch in Form von Aceton nach der Oxydation Isopropylalkohol nachweisen können. Dieselbe Beobachtung hat Tollens bei seiner Untersuchung über das Verhalten des Allylalkohols gegen Wasserstoff gemacht.

Die von Tollens eingeschlagene Untersuchungsmethode war allerdings wohl geeignet, die Abwesenheit des Isopropylalkohols, sowie das Vorhandensein noch unveränderten Allylalkohols nachzuweisen, nicht aber zweckentsprechend die Gegenwart von normalem Propylalkohol festzustellen.

Ich entschlage mich einer eingehenderen Kritik der Tollens'schen Versuche, indem ich nur bemerken will, dass es an der Hand einer solchen leicht wird, den Nachweis zu liefern, dass diese Versuche durchaus in keinem Theile ein stichhaltiges Argument gegen die von mir in dem Vorliegenden angegebenen Thatsachen abgeben können.

Der Hinweis darauf, dass die von Tollens aus β Bibrompropionsäure mit Zink und Schwefelsäure dargestellte Acrylsäure Propionsäure enthalten muss, wodurch auch der niedrige Schmelzpunkt erklärlich wird, sowie die Meinung, dass der von Tollens zwischen α und β Bibrompropionsäure aufgestellte Unterschied, nach welchem erstere mit Zink und Schwefelsäure Propionsäure, letztere aber Acrylsäure liefern soll, nach unserer heutigen Kenntniss erst von Neuem und in umsichtigerer Weise bewiesen werden muss, glaube ich im Interesse der Fortsetzung der Tollens'schen Versuche nicht unterdrücken zu sollen.

Ausser jenen, seither grösstentheils durch vorläufige Mittheilungen bekannt gewordenen Allyl- und Acrylderivaten, welche in den Kreis dieser Untersuchung gezogen wurden, habe ich in neuerer Zeit die Chlor- und Bromadditionsproducte des Acroleïns, denen eine Untersuchung der Haloidwasserstoffverbindungen des Acroleïns folgt, aufgenommen.

Das Chlor- und Bromadditionsproduct des Acroleïns zeigen Eigenschaften, die im Allgemeinen mit den für die entsprechenden Substitutionsproducte des Propyläldehyds vorauszusetzenden gut übereinstimmen.

Viel Interesse dürfte die Umsetzung des Acroleïnchlorids mit Wasser, des Acroleïnbromids mit Amon und das Oxydationsproduct des Acroleïnbromids bieten.

Dieses letztere Oxydationsproduct kann der Entstehung nach kaum etwas anderes sein, als eine Bibrompropionsäure. Dies vorausgesetzt, ist die schön krystallisirt zu erhaltende Substanz jedoch weder mit der von Tollens als α, noch mit der als β bezeichneten Bibrompropionsäure identisch.

Dies Resultat würde die Behauptung, dass das Acrolein zum Allylalkohol nicht in dem Verhältnisse steht, wie es die Tollens'schen Formeln zum Ausdrucke bringen, bestätigen; denn im letzteren Falle müsste das Acroleïnbromid bei Oxydation dieselbe Bibrompropionsäure liefern, wie das Allylalkoholbromid, was, so weit die Thatsachen bis jetzt sprechen, nicht der Fall ist.

Brünn, 2. Februar 1874.

Krystallographisch-chemische Untersuchungen.

Von Dr. **Haldor Topsöe** in Kopenhagen.

(Mit 4 Tafeln.)

VII. Reihe.

(Vorgelegt in der Sitzung am 6. Februar 1874.)

Goldchlorid-Chlorammonium. $4\,(AuCl^3.NH^4Cl) + 5\,H^2O$.

Monoklinisch $a:b:c = 1.2190:1:1.2492$ $ac = 77°27'$.

Beobachtete Formen: (100).(110).(010).(001).($\bar{1}$01).(111).($\bar{1}$11) Tab. I, Fig. 1—3.

Wenn man eine gesättigte Lösung von gleichen Molecülen Goldchlorid und Chlorammonium stark mit Salzsäure versetzt und in gelinder Wärme oder über Schwefelsäure langsam verdampfen lässt, erhält man statt der gewöhnlichen grossen, leichtverwitternden tafelförmigen Krystalle, kleine luftbeständige, undeutliche Täfelchen, deren Randkanten selten deutlich begrenzt sind. Gewöhnlich sind sie durch Aneinanderwachsen zu grösseren treppenförmigen Platten vereinigt.

Die Krystalle sind nach dem Flächenpaare (100) tafelförmig, von den übrigen Formen kommen die zwei Pinakoïde (001) und (010), das Prisma (110) und das Doma ($\bar{1}$01) immer vor; die Basis und zwei parallele Prismenflächen sind gewöhnlich gut entwickelt. Die Flächen der zwei Pyramidenhälften (111) und ($\bar{1}$11), welche nicht immer auftreten, sind als sehr schmale Abstumpfungen den von den Prismenflächen und der Basis gebildeten Kanten aufgesetzt.

Die Flächen sind ziemlich glänzend und spiegeln recht gut.

Die Messungen an sieben Krystallen ergaben als Mittelwerthe:

	Anzahl der Krystalle	Kanten	Beobachtet	Berechnet
100 : 00$\bar{1}$	2	2	102° 37′	102° 33′
100 : 001	3	3	77° 27′	77° 27′
$\bar{1}$00 : $\bar{1}$01	2	2	50° 41′	50° 24′5
001 : $\bar{1}$01	1	1	52° 18′	52° 9′
*100 : 110	4	5	49° 57′	—
100 : 010	3	4	90° 3′	90° 0′
110 : $\bar{1}$10	3	3	80° 1′	80° 6′
*$\bar{1}$10 : 001	2	2	98° 9′	98° 2′
110 : 001	3	3	82° 0′	81° 58′
$\bar{1}$10 : $\bar{1}$11	2	3	33° 57′	34° 16′5
001 : $\bar{1}$11	„	„	—	63° 45′5
*001 : 111	2	2	52° 13′	—
110 : 111	2	3	30° 3′	29° 45′
100 : $\bar{1}$11	3	3	63° 4′	62° 40′
100 : 111	2	2	51° 26′	51° 31′
111 : $\bar{1}$11	1	1	65° 58′	65° 49′
111 : 1$\bar{1}$1	—	—	—	75° 20′
$\bar{1}$11 : $\bar{1}$11	—	—	—	87° 48′
$\bar{1}$01 : $\bar{1}$11	—	—	—	43° 54′

1·140 Gr. zwischen Filtrirpapier getrocknet, verloren bei 100° 0·0695 Gr. 6·1% H^2O entsprechend.

Der Rest hinterliess bei behutsamem Erhitzen bis zum Glühen 0·589 Gr., 51·67% Gold entsprechend.

Der Formel $4\,(AuCl^3 . NH^4Cl) + 5\,H^2O$ entspricht:

		Procent	Gefunden
4 Au	784	51·78	51·67
16 Cl	568	37·52	—
4 NH^4	72	4·76	—
5 H^2O	90	5·95	6·1

Das Salz verliert demnach bei 100° alles Krystallwasser. Es hält sich an der Luft unverändert.

Johnston[1] hat früher ein ähnliches Salz dargestellt; er fand als Mittelwerthe von mehreren Analysen 4·7% Wasser und

[1] The Edinburgh Journal of science, New Series Nr. 5.

52·66% Gold, gibt jedoch an, „dass die Menge des Wassers und Chlorammoniums so schwankend war, dass die verschiedenen Analysen um mehrere Procente untereinander variirten". Der Wassergehalt schwankte von 4 bis 6 Procent, je nachdem die Krystalle kürzere oder längere Zeit der Luft ausgesetzt gewesen waren. Es ist wohl am wahrscheinlichsten, dass die frisch dargestellten Krystalle dieselbe Zusammensetzung hatten, wie das von mir analysirte Salz.

Goldchlorid-Chlorammonium $2\,(AuCl^3.NH^4Cl) + 5\,H^2O$.

Rhombisch $a:b:c = 1:0{\cdot}5059:x$.

Beobachtete Formen: (100).(001).(110). Tab. I, Fig. 4.

Das Salz wird leicht erhalten durch langsames Verdampfen bei gewöhnlicher Temperatur oder durch Abkühlung einer heiss gesättigten, neutralen oder schwach salzsauren Lösung von gleichen Molecülen Chlorammonium und Goldchlorid.

Die Krystalle sind prachtvolle, goldgelbe, durchsichtige Tafeln (100), durch die Basis und Prismenflächen begränzt. Sie sind gewöhnlich in der Richtung der Hauptaxe verlängert. Die Flächen sind glänzend und spiegeln gut, werden aber in trockener Luft sehr schnell matt.

Ausgezeichnete Spaltbarkeit parallel (100).

Die Mittelwerthe von Messungen an sieben Krystallen sind:

	Anzahl der Krystalle	Kanten	Beobachtet	Berechnet	Darmstädter
(100) : 110	6	9	63° 16′	—	63° 26′
(100) : $\bar{1}10$	2	2	116° 44′	116° 44′	—
110 : $\bar{1}10$	4	5	53° 26′	53° 22′	53° 42′
(001) : 100	4	5	90° 0′	90° 0′	90° 0′
(001) : 110	3	4	90° 1′	90° 0′	—

0·980 Gr. verlor bei 100° 0·108 Gr. 11·02% H^2O entsprechend.

Der Rest in Wasser gelöst und mit Kaliumoxalat behandelt, gab $0{\cdot}480 = 48{\cdot}98\%$ Gold. Im Filtrate wurde das Chlor durch Zusatz von Silbernitrat und einer grossen Menge Salpetersäure als Chlorsilber bestimmt. Erhalten wurde: 1·398 Gr. AgCl, 35·31% Chlor entsprechend.

1·000 Gr. verlor bei 100° 0·117 Gr. Wasser; der Rest langsam bis zum Glühen erhitzt, hinterliess 0·483 Gr. Au.[1]

Der Formel $2\,(AuCl^3.NH^4Cl)+5H^2O$ entspricht:

		Procent	Gefunden	
2 Au	392	48·88	48·98	48·3
8 Cl	284	35·41	35·31	—
2 NH^4	36	4·49	—	—
5 H^2O	90	11·22	11·02	11·7

Das Salz verliert bei 100° alles Wasser.

Herr Darmstädter[2] hat vor einiger Zeit dasselbe Salz untersucht. Seine krystallographischen Bestimmungen stimmen ziemlich gut mit den meinigen überein, aber die Analyse hat ihn zur Annahme der Formel $AuCl^3.NH^4Cl+3H^2O$ veranlasst. Er fand 12·72% H^2O (berechnet 13·17) und 47·75% Au (berechnet 47·81%).

Goldchlorid-Chlorkalium $2\,(AuCl^3.KCl)+H^2O$.

Monoklinisch $a:b:c=1·9180:1:1·361$ $ac=84°\ 35'·5$.

Beobachtete Formen: (100).(110).(001).($\bar{1}$11) Tab. I, Fig. 5, 6.

Aus einer stark mit Salzsäure versetzten Lösung von gleichen Molecülen Goldchlorid und Chlorkalium krystallisiren durch Verdampfen bei gelinder Wärme oder im Exsiccatore über Schwefelsäure kleine, nadelförmige, gelbe Krystalle, welche sich an der Luft unverändert halten. Die sechsseitigen Nadeln — (110).(100) werden an den Enden von Flächen der Hemipyramide ($\bar{1}$11) und der Basis (001) begrenzt. Die Pyramidenflächen sind nicht immer ausgebildet und sind jedenfalls untergeordnet. Die Flächen spiegeln recht gut.

Zwillinge sind nicht selten: Zwillingsebene (100) dessen Normale Umdrehungsaxe. Die Endflächen der zwei Individuen bilden einen aus- und einspringenden Winkel, welcher, an einem Krystalle gemessen, den folgenden Werth hatte:

---

[1] In dieser Analyse ist die Goldbestimmung nicht sehr zuverlässig, weil sich selbst bei behutsamem Erhitzen etwas Goldchlorid mit den Salmiakdämpfen verflüchtigt.

[2] Annalen der Chemie und Pharmacie, Suppl. V. 127.

$(001)' : (001)'' = 10° 50'$ berechnet: $10° 49'$.

Ausgezeichnete Spaltbarkeit parallel (100).

Die Mittelwerthe von Messungen an acht Krystallen sind:

	Anzahl der Krystalle	Kanten	Beobachtet	Berechnet
*110 : $\bar{1}10$	8	9	55° 17′	—
100 : 110	7	10	62° 19′	62° 21′5
$\bar{1}\bar{1}1$: 001	4	4	58° 36′	58° 35′
*$\bar{1}\bar{1}0$: $\bar{1}\bar{1}1$	5	8	33° 56′	—
001 : 110	4	5	87° 29′	—
001 : $\bar{1}\bar{1}0$	2	2	92° 29′	92° 31′
100 : $\bar{1}\bar{1}1$	2	3	110° 4′	110° 6′
110 : $\bar{1}11$	4	4	59° 16′	59° 16′
$\bar{1}11$: $11\bar{1}$	2	2	81° 38′	81° 38′
$\bar{1}\bar{1}1$: $\bar{1}11$	3	3	98° 22′	98° 22′
001 : 100	3	3	84° 31′	84° 35′5

1·024 Gr. verloren beim Erhitzen bis zu 100° 0·0235 Gr. 2·3% H^2O. Der Rest langsam bis zum Glühen erhitzt, hinterliess 0·7195 Gr. Au + KCl; das Gold wog 0·522 Gr. = 50·98%; für Chlorkalium ergibt sich demnach 0·1975, 19·29% entsprechend.

Der Formel $2(AuCl^3.KCl) + H^2O$ entspricht:

		Procent	Gefunden
2 Au	392	50·76	50·98
6 Cl	213	27·58	—
2 KCl	149·2	19·32	19·29
H^2O	18	2·33	2·30.

Das Salz, welches sich unverändert an der Luft hält, verliert bei 100° alles Wasser.

Goldchlorid-Chlorkalium $AuCl^3.KCl + 2\,H^2O$.

Rhombisch $a : b : c = 1 : 0·8586 : x$.

Beobachtete Formen: (100).(110).(001). Tab. II, Fig. 7.

Durch freiwilliges Verdampfen einer Lösung von gleichen Molecülen Goldchlorid und Chlorkalium, welche nicht zu viel Salzsäure enthält, schiesst das Salz in ziemlich voluminösen,

undurchsichtigen, tafelförmigen oder kurz-säulenförmigen Krystallen an. Sie sind gewöhnlich nach (001) stark abgeplattet, und zeigen niemals andere Formen als (001).(110).(100) so, dass die Bestimmung der Länge der Hauptaxe unmöglich ist. Die Flächen sind sehr glänzend, die der Prismenzone jedoch parallel der Prismenkanten gestreift.

Das Salz verwittert selbst in feuchter Luft ziemlich schnell. Die Messungen an drei Krystallen ergaben als Mittelwerthe:

	Anzahl der Krystalle	Kanten	Beobachtet	Berechnet
110 : $\bar{1}$10	2	3	81° 21′	81° 18′
100 : 110	3	5	49° 22′	49° 21′
001 : 100	2	2	89° 58′	90° 0′
001 : 110	3	6	90° 7′	90° 0′.

Das Salz ist früher von Herrn Darmstädter[1] untersucht worden; er nimmt dieselbe Zusammensetzung an, welche sich aus meinen Analysen ergibt, und fand 110 : $\bar{1}$10 = 81°40′.

1·047 Gr. verloren bei 100° 0·091 Gr., 8·69% Wasser entsprechend. Der Rest langsam bis zum Glühen erhitzt, hinterliess 0·688 Gr. Au + KCl. Das Gold betrug 0·497 Gr. = 47·47%; das Chlorkalium ist demnach 18·24%.

Der Formel $AuCl^3.KCl + 2\,H^2O$ entspricht:

		Procent	Gefunden	Darmstädter	Johnston[2]
Au	196	47·45	47·47	47·25	46·89
3Cl	106·5	25·78	—	—	—
KCl	74.6	18·06	18·24	18·27	18·45
$2\,H^2O$	36	8·71	8·69	8·81	—

Das Salz wird bei 100° wasserfrei.

Ausser Johnston, dessen Analyse ziemlich gut mit der Annahme der oben gegebenen Formel übereinstimmt, hat Ber-

[1] Annalen der Chemie und Pharmacie Suppl. V. 172.
[2] The Edinburgh Journal of science, New Series Nr. 5.

zelius[1] früher das Salz untersucht. Seine Analyse deutet hingegen bestimmt auf die Formel 2 ($AuCl^3.KCl$) + 5 H^2O, während die Beschreibung der von ihm analysirten Krystalle, wohl mit den krystallographischen Verhältnissen des 2 Molec. Wasser enthaltenden Salzes übereinstimmend scheinen.

Da jedoch das oben beschriebene Ammoniumsalz (Tab. I, Fig. 4) vollständig denselben Habitus wie $AuCl^3.KCl + 2\,H^2O$ hat und sich nur durch Messungen von diesem unterscheiden lässt, wäre es möglich, dass es eine mit diesem Salze isomorphe Kaliumverbindung mit $^5/_2$ Molecülen Wasser gibt.

Verschiedene Verhältnisse haben mich leider darin gehindert, über die Richtigkeit dieser Vermuthung durch weitere Untersuchungen zu entscheiden.

Goldchlorid-Chlormagnium $2\,AuCl^3.MgCl^2 + 8\,H^2O$.

Monoklinisch $a:b:c = 1\cdot3441:1:1\cdot7517$ $ac = 83°59'$.

Beobachtete Formen: (001) . (Ī11) . (111) . (Ī12) . (112) . (101) . (Ī01). Tab. II, Fig. 8—11.

Durch freiwilliges Verdampfen einer Lösung von Goldchlorid und Magniumchlorid erhalten.

Die prachtvollen, ziemlich grossen, durchsichtigen, goldgelben Krystalle sind gewöhnlich nach der Basis stark abgeplattet und in der Richtung der Klinodiagonale verlängert. Am häufigsten ist die Combination, wie Fig. 10, wo die Flächen der zwei Hemipyramiden (112) und (Ī12) fehlen. Nicht selten sind die Krystalle durch unvollzähliges Auftreten oder unregelmässige Ausbildung der einer Form angehörigen Flächen verzerrt (z. B. wie Fig. 9).

Die Flächen spiegeln gut; das Salz hält sich in trockener Luft.

Die Messungen an neun Krystallen ergaben als Mittelwerthe:

---

[1] Berzelius fand 46·80% Au 17·53% KCl. (Annalen der Physik und Chemie 18, 599).

	Anzahl der Krystalle	Anzahl der Kanten	Beobachtet	Berechnet
001 : $\bar{1}01$	4	4	56° 18′	56° 20′
101 : $10\bar{1}$	1	1	74° 58′	74° 55′
001 : 101	1	1	48° 36′	40° 45′
*001 : $\bar{1}12$	6	9	49° 22′	—
*001 : $\bar{1}11$	6	10	68° 19′	—
001 : 111	4	4	62° 22′	62° 22′
$\bar{1}11$: $\bar{1}12$	1	1	19° 0′	18° 57′
001 : 112	1	1	45° 18′	45° 28′
111 : $11\bar{1}$	2	2	*c* 48° 10′	49° 19′
111 : $11\bar{2}$	1	1	68° 31′	68° 16′
*$\bar{1}11$: $\bar{1}\bar{1}1$	2	2	96° 24′	—
$\bar{1}11$: $\bar{1}01$	5	6	48° 9′	48° 12′
111 : $1\bar{1}1$	1	1	*c* 91½°	90° 36′
111 : 101	1	1	*c* 46°	45° 18′
$\bar{1}12$: $\bar{1}\bar{1}2$	3	3	74° 58′	75° 0′
$\bar{1}11$: $\bar{1}\bar{1}2$	2	2	87° 47′	87° 50′
$\bar{1}12$: $\bar{1}01$	3	4	42° 27′	42° 25′5
$\bar{1}12$: 111	1	1	60° 2′	60° 19′
111 : $\bar{1}11$	1	1	65° 34′	65° 56′
112 : $\bar{1}12$	„	„	—	52° 15′
112 : $1\bar{1}2$			—	69° 46′.

1·796 Gr. verloren bei 100° 0·0825 Gr., 4·59% H^2O entsprechend. Der Rest wurde langsam bis zum Glühen erhitzt; nach Digestion mit Salzsäure blieb ungelöst 0·827 Gr. 46·05% Au.

Am Filtrate wurde das Magnium als Pyrophosphat bestimmt: 0·239 Gr. $Mg^2P^2O^7 = 2·88\%$ Mg.

1·082 Gr. gab durch Behandlung mit Kaliumoxalat 0·499 Gr. Gold, 46·12% entsprechend. Im Filtrate wurde das Chlor mit Silbernitrat und einer grossen Menge Salpetersäure als Chlorsilber ausgefällt: 1·4595 Gr. AgCl = 33·39% Cl.

Der Formel $2AuCl^3.MgCl^2 + 8H^2O$ entspricht:

		Procent	Gefunden	
2 Au	392	46·45	46·05	46·12
8 Cl	284	33·65	—	33·39
Mg	24	2·84	2·88	—
$8H^2O$	144	17·06.	—	—

Bei 100° verliert das Salz 2 Molecüle Wasser:

Gefunden 4·59% Berechnet 4·26%.

Bonnsdorff[1] hat früher ein Chlorgold-Chlormagnium dargestellt, welchem er die Formel $2AuCl^3.MgCl^2 + 12H^2O$ beigelegt hat. Seine sehr unbestimmten krystallographischen Angaben lassen es jedoch ganz unentschieden, ob sein Salz mit dem von mir dargestellten identisch gewesen ist.

Ich habe leider nicht dazu Gelegenheit gebabt, mich von der Existenz eines Salzes mit dem angegebenen Wassergehalte zu überzeugen.

Goldchlorid-Chlornickel $2AuCl^3.NiCl^2 + 8H^2O$.

Monoklinisch $a:b:c = 1·3411:1:1·7562$ $ac = 84°\ 18'$.

Beobachtete Formen: (001).(111).(112).($\bar{1}$11).($\bar{1}$12).(101) ($\bar{1}$01). Tab. II, Fig. 8, 11, 12.

Vollständig mit der Magniumverbindung isomorph und wie diese dargestellt.

Ziemlich grosse, prachtvolle, olivengrüne Tafeln, gewöhnlich wie Fig. 11; jedoch sind die Flächen der zwei Domen (101) und ($\bar{1}$01) nur als sehr kleine Abstumpfungen der klinodiagonalen Polkanten zugegeben. Krystalle wie Fig. 12, an welchen nur die negativen Pyramidenhälften ausgebildet sind, kommen häufig vor.

Die Flächen sind glänzend und geben gute Spiegelbilder; das Salz hält sich an trockener Luft sehr gut.

Messungen an fünf Krystallen ergaben als Mittelwerthe:

	Anzahl der Krystalle	Kanten	Beobachtet	Berechnet
001 : $\bar{1}$01	2	2	56° 15′	56° 17′
101 : 10$\bar{1}$	—	—	—	74° 39′
001 : 101	2	2	48° 58′	49° 4′

[1] Gmelin, Handbuch der Chemie, 5 Aufl. III. 681.

	Anzahl der Krystalle	Kanten	Beobachtet	Berechnet
001 : $\bar{1}12$	3	3	49° 14′	49° 23′
*001 : $\bar{1}11$	3	8	68° 15′	—
001 : 111	2	3	62° 30′	62° 36′
112 : $\bar{1}\bar{1}2$	1	1	94° 50′	95° 3′
$\bar{1}11$: $\bar{1}12$	3	3	18° 52′	18° 52′
*111 : $11\bar{1}$	4	4	49° 9′	—
111 : 112	1	1	16° 47′5	16° 56′
001 : 112	1	1	45° 40′	45° 40′
*$\bar{1}11$: $\bar{1}\bar{1}1$	3	5	96° 15′5	—
$\bar{1}11$: $\bar{1}01$	3	5	48° 4′5	48° 7′5
111 : $\bar{1}12$	2	2	60° 7′5	60° 32′
111 : $\bar{1}11$	2	2	66° 2′	66° 3′
$\bar{1}11$: $\bar{1}\bar{1}2$	3	3	87° 33′	87° 42′5
$\bar{1}01$: $\bar{1}12$	2	2	42° 9′	42° 22′
111 : $1\bar{1}1$	—	—	—	90° 45′
111 : 101	1	2	45° 14′	45° 22′5
$\bar{1}11$: 112	1	1	63° 33′	63° 20′
$\bar{1}12$: $\bar{1}\bar{1}2$	—	—	—	74° 58′.

Der vollständigen Isomorphie mit dem Magniumsalze wegen habe ich keine analytischen Bestimmungen gemacht.

Goldchlorid-Chlorzink $2\,AuCl^3.ZnCl^2 + 8\,H^2O$.

Monoklinisch, vollständig mit den zwei vorhergehenden Salzen isomorph, Tab. II, Fig. 8, 10, 11.

Die Krystalle, gewöhnlich wie Fig. 10, 11 ausgebildet — die zwei negativen Hemipyramiden sind jedoch vorherrschend — sind selbst in trockener Luft zerfliesslich.

Die Messungen sind demzufolge nur approximativ, zeigen aber hinlänglich deutlich die Isomorphie zwischen diesem Salze und den früheren an.

	Anzahl der Krystalle	Kanten	Beobachtet	Berechnet für das Magniumsalz
001 : $\bar{1}01$	1	1	56° 22′	56° 20′
101 : $10\bar{1}$	1	1	*c* 74°	74° 55′
001 : $\bar{1}12$	2	2	49° 12′	49° 22′
001 : $\bar{1}11$	2	3	68° 28′	68° 19′
$\bar{1}11$: $\bar{1}12$	1	1	*c* 19°	18° 57′
111 : $11\bar{1}$	1	1	48° 45′	49° 19′
001 : $\bar{1}12$	3	3	*c* 49½° —	49° 22′
$\bar{1}12$: $\bar{1}\bar{1}2$	2	2	74° 46′	75° 0′.

1·159 Gr. verloren bei 100° 0·055 Gr., 4·75% H^2O entsprechend. Beim Auflösen des Rückstandes zeigte es sich, dass das Salz gleichzeitig mit dem Krystallwasser auch etwas Chlor verloren haben müsste, indem sich kleine glänzende Blättchen von metallischem Golde ausschieden. Das Gold, durch Kaliumoxalat ausgefällt, betrug 0.5135 Gr., 44.31% Au entsprechend.

0·9395 Gr. wurde in Wasser gelöst; das Gold wie oben ausgeschieden (durch Digestion mit Schwefelsäure vom ausgefällten Zinkoxalate befreit) wog 0.417 Gr. = 44·39%.

Im Filtrate wurde das Chlor nach Zusatz von einer grossen Menge Salpetersäure als Chlorsilber ausgefällt. AgCl 1·217 Gr. 32·07% Chlor entsprechend.

Die Formel $2\,AuCl^3.ZnCl^2 + 8H^2O$ erfordert:

		Procent	Gefunden	
2 Au	392	44·29	44·31	44·39
8 Cl	284	32·09	—	32·07
Zn	65	7·35		
$8\,H^2O$	144	16·27		

Das Salz verliert bei 100° 2 Molec. Wasser, wird aber schon bei dieser Temperatur etwas zersetzt:

$2\,H^2O = 4·07\%$ Gefunden 4·75.

Goldchlorid-Chlorkobalt $2\,AuCl^3.CoCl^2 + 8\,H^2O$.

Triklinisch $a : b : c = 1 : 0·9238 : 0.9112$

$\xi = 103°23'$ $\eta = 101°25'$ $\zeta = 92°5'$

001 : 010 = 75°54′ 001 : 100 = 77°44·5 100 : 010 = 85°3′.

Beobachtete Formen: (001).(110).($\bar{1}$10).(010).(100).(101) ($\bar{1}$01).(0$\bar{1}$1).($\bar{1}$02). Tab. II, Fig. 13, Tab. III, Fig, 15, 16.

Durch Verdampfen einer Lösung von gleichen Molecülen Goldchlorid und Kobaltchlorid dargestellt.

Die Krystalle sind prachtvolle, bräunlich-gelbe, ziemlich grosse, kurzsäulenförmige Combinationen des vollständigen Prismas mit der Basis. Die spitzen Prismenkanten sind immer, die stumpfen dagegen nur bisweilen von Flächen der zwei Pinakoïde abgestumpft. Auf den Combinationskanten zwischen (100) und den Endflächen sind immer Flächen des vollständigen Doma's (101).($\bar{1}$01) aufgesetzt; das Hemidoma (0$\bar{1}$1) kommt dagegen seltener vor. Ausser diesen Formen habe ich an einem Krystalle sehr wenig ausgebildete Flächen des Hemidoma's ($\bar{1}$02), die Kanten ($\bar{1}$01).(001) abstumpfend, beobachtet.

Die Krystalle sind gewöhnlich sehr regelmässig ausgebildet; sie haben wegen des gleichzeitigen Auftretens der beiden Hälften des Prisma's (110).($\bar{1}$10) und des Doma's (101).($\bar{1}$01) einen monoklinischen Habitus; dies ist namentlich auffallend bei den in der Richtung der Hauptaxe verlängerten Krystallen.

Die Flächen sind glänzend und spiegeln gut. Das Salz hält sich gut an trockener Winterluft, zerfliesst aber sonst leicht.

Die Messungen an acht Krystallen ergaben:

	Anzahl der Krystalle	Kanten	Beobachtet		Berechnet
*100 : 1$\bar{1}$0	4	4	50°	11′	—
$\bar{1}$10 : 010	4	4	44°	44′	44° 46′
110 : $\bar{1}$10	2	3	84°	55′	85° 1′
100 : 0$\bar{1}$0	4	4	94°	59′	94° 57′
*100 : 110	4	5	44°	48′	—
010 : 110	5	5	40°	16′	40° 15′
001 : 110	6	8	71°	42′5	71° 57′
001 : 100	7	7	77°	46′	77° 44′5
001 : 101	2	2	c 36½°		36° 6·5′
$\bar{1}$01 : $\bar{1}$02	1	1	21°	53′	21° 19′
001 : $\bar{1}$01	1	1	46°	25′	46° 53′
*100 : 101	2	2	41°	38′	—
$\bar{1}$00 : $\bar{1}$01	1	1	55°	43′	55° 22′

	Anzahl der Krystalle	Kanten	Beobachtet		Berechnet	
*001 : 0$\bar{1}$0	5	5	104°	6′	—	
001 : 0$\bar{1}$1	3	3	*c* 51°		50°	50′
*001 : 1$\bar{1}$0	6	6	92°	10′	—	
0$\bar{1}$1 : 1$\bar{1}$0	2	2	*c* 58½°		57°	34′
$\bar{1}$10 : $\bar{1}$01	1	1	59°	15′	59°	20′
110 : 0$\bar{1}$1	1	1	*c* 110°	50′	110°	43′5
110 : 101	2	2	50°	30′	50°	18′5
0$\bar{1}$0 : $\bar{1}$01	2	2	82°	7′	81°	55′
$\bar{1}$10 : $\bar{1}$01	1	1	74°	45′	74°	23′
110 : $\bar{1}$02	1	1	*c* 90°		90°	16′.

0·9975 Gr. verlor bei 100° 0·045 Gr. = 4·51% H^2O. Das trockene Salz — welches eine rein gelbe Farbe angenommen hatte — wurde langsam bis zum Glühen erhitzt. Der Rückstand mit Schwefelsäure behandelt, gab 0·173 Gr. $CoSO^4$, 6·60% Co entsprechend, und 0·447 Gr. Au = 44·81%.

1·0355 Gr. mit Kaliumoxalat behandelt, gab 0·462 Gr. Au = 44·62%.

Im Filtrate wurde das Chlor wie gewöhnlich bestimmt: 1·341 Gr. AgCl, 32·06% Cl entsprechend.

Die Formel $2AuCl^3.CoCl^2 + 8H^2O$ erfordert:

		Procent	Gefunden	
2 Au	392	44·60	44·81	44·62
8 Cl	284	32·31		32·06.
Co	59	6·71	6·60	
$8H^2O$	144	16.38		

Bei 100° verliert das Salz 2 Molec. Wasser, wird aber gleichzeitig unter Entwicklung von Chlor etwas zersetzt:

$2H^2O = 4·09\%$; Verlust bei 100° = 4·59%.

Das Salz hat nicht nur dieselbe Zusammensetzung wie die oben beschriebenen drei Doppelchloride von Magnium, Nickel und Zink, sondern es verhält sich beim Erhitzen vollständig ähnlich d. h. die 2 Molecüle Wasser sind loser gebunden als die übrigen 6 Molecüle. Die krystallographischen Verhältnisse sind

dagegen vollständig verschieden; es scheinen die Formen des Kobaltsalzes in gar keiner Beziehung mit denen der drei anderen Salze Analogieen darzubieten.

Goldchlorid-Chlormangan $2AuCl^3.MnCl^2 + 8H^2O$.

Triklinisch, vollständig mit dem Kobaltsalze isomorph.

Beobachtete Formen: (001).(100).(010).(110).($\bar{1}$10).($\bar{1}$01) Tab. II, Fig. 13, Tab. III. 14.

Die Krystalle sind röthlichgelbe, in der Richtung der Axe *b* säulenförmig verlängerte Combinationen, wie Fig. 14, oder nur von den Formen (001).(100).(110).($\bar{1}$10) gebildet. Nicht selten beobachtet man rhomboëderähnliche Combinationen von den drei Flächenpaaren (001).(100).(110).

Die Flächen sind recht glänzend, aber das Salz ist selbst in trockener Luft ziemlich zerfliesslich so, dass die Messungen — an fünf Krystallen — nur approximativ sind. Sie zeigen jedoch deutlich die Isomorphie des Salzes mit der Kobaltverbindung. Die Mittelwerthe sind:

	Anzahl der Krystalle	Anzahl der Kanten	Beobachtet	Berechnet für das Kobaltsalz
100 : 1$\bar{1}$0	2	2	50° 52′	50° 11′
$\bar{1}$10 : 110	1	1	84° 26′	85° 1′
100 : 110	4	4	44° 46′	44° 48′
010 : 110	2	2	40° 3′	40° 15′
001 : 110	3	3	71° 43′	71° 57′
001 : 100	3	3	77° 42′	77° 44′5
001 : $\bar{1}$01	1	1	*c* 47° 20′	46° 53′
$\bar{1}$00 : $\bar{1}$01	1	1	56° 0′	55° 22′
001 : 010	2	2	*c* 77½°	75° 54′
001 : $\bar{1}$10	1	1	86° 51′	87° 50′
$\bar{1}$10 : $\bar{1}$01	1	1	*c* 58½°	59° 20′.

Der vollständigen krystallographischen Uebereinstimmung des Mangansalzes mit dem Kobaltsalze wegen habe ich dieselbe Formel für beide Verbindungen angenommen ohne weitere analytische Belege.

Platinchlorid-Chlorbaryum $PtCl^4.BaCl^2+4H^2O$.

Monoklinisch $a:b:c=0{\cdot}9645:1:1{\cdot}4949$ $ac=77°45'$.

Beobachtete Formen: (001) . (100) . (011) . ($\bar{1}11$) . (102).
Tab. III, Fig. 17, 18.

Ich habe schon früher[1] das Salz dargestellt und beschrieben, aber die Krystalle, an welchen ich damals die krystallographischen Bestimmungen ausführte, waren zu schlecht ausgebildet, um zuverlässige Messungen geben zu können.

Seither habe ich prachtvolle, regelmässige Krystalle erhalten, deren glänzende Flächen sich gut für genaue Bestimmungen eigneten.

Die Krystalle waren alle nach der Orthodiagonale ausgedehnt und häufig zugleich nach der Basis stark abgeplattet (wie Fig. 18). Ausser den hier eingezeichneten Flächen habe ich an einem Krystalle das Hemidoma (102) als sehr schmale Abstumpfungen der Kanten (100).(001) beobachtet.

Ausgezeichnete Spaltbarkeit parallel (001).

Plan der optischen Axen parallel dem Symmetrie-Plane; der Bissectrix bildet mit der Basis einen Winkel von ungefähr 45°.

Die Mittelwerthe von Messungen an 12 Krystallen sind:

	Anzahl der Krystalle	Anzahl der Kanten	Beobachtet	Berechnet
100 : 001	5	5	77° 44′	77° 45′
$\bar{1}00$: 001	8	8	102° 14′	102° 15′
001 : 102	1	1	*c* 32° 45′	33° 3′
100 : 011	2	2	83° 7′	83° 7′
$\bar{1}00$: $\bar{1}11$	6	10	52° 43′	—
011 : $\bar{1}11$	3	3	44° 9′	44° 10′
001 : 011	2	2	55° 44′	55° 36′5
001 : 01$\bar{1}$	2	2	124° 21′	124° 23′5
011 : 01$\bar{1}$	—	—	—	68° 47′

[1] Oversigter over det kgl. danske Videnskabernes Selskabs Forhandlinger 1868.

	Anzahl der Krystalle	Kanten	Beobachtet	Berechnet
$\bar{1}\bar{1}1 : \bar{1}11$	2	2	82° 54′	82° 49′
$\bar{1}11 : 11\bar{1}$	1	1	97° 9′	97° 11′
$001 : 11\bar{1}$	3	4	107° 39′	107° 41′
*$001 : \bar{1}11$	5	6	72° 19′	—

Platinbromid-Bromnatrium[1] $PtBr^4.2NaBr + 6H^2O$.

Triklinisch $a : b : c = 1 : 0{\cdot}9806 : 0{\cdot}8533$.

$\xi = 126°53'5 \quad \eta = 101°15 \quad \zeta = 106°9'5$.

$010 : 001 = 54°34' \quad 100 : 001 = 87°55'5 \quad 100 : 010 = 101°52'$.

Beobachtete Formen: (010) . (100) . (110) . (101) . ($\bar{1}$01). (001) . (0$\bar{1}$1). Tab. III, Fig. 19, 20.

Das Salz, welches ich schon früher dargestellt und untersucht habe, dessen krystallographische Constanten aber wegen der Unvollkommenheit der Krystalle nicht sehr genau bestimmt wurden, krystallisirt in recht regelmässig ausgebildeten sechsseitigen Säulen: (010).(100).(110) etwas nach (010) abgeplattet. Die Prismen werden von dem gut ausgebildeten Flächenpaare (101).($\bar{1}$01).(001) an den Enden begrenzt; die Form (0$\bar{1}$1) ist immer sehr zurückgedrängt.

Die Farbe der Krystalle ist dunkelkirschroth; die Flächen sind ziemlich glänzend, werden aber in feuchter Luft etwas matt.

Die Mittelwerthe von Messungen an sieben Krystallen sind:

	Anzahl der Krystalle	Kanten	Beobachtet	Berechnet
*$101 : \bar{1}01$	6	6	70° 45′5	—
$101 : 001$	3	3	34° 46′	34° 41′
$\bar{1}01 : 001$	3	3	36° 2′	36° 4′5
$100 : 101$	5	5	53° 21′	53° 14′5
$\bar{1}00 : \bar{1}01$	4	4	55° 50′	56° 0′

[1] Das Salz ist vollständig mit den vom Herrn Marignac beschriebenen Chlorverbindungen isomorph.

	Anzahl der Krystalle	Kanten	Beobachtet	Berechnet
*$0\bar{1}0 : 110$	6	6	136° 52′5	—
$010 : \bar{1}00$	5	5	78° 8′	—
$\bar{1}00 : \bar{1}\bar{1}0$	3	3	58° 45′	58° 44′5
*$010 : \bar{1}01$	6	6	52° 59′	—
*$010 : 101$	6	7	69° 39′	—
$010 : 001$	3	3	54° 35′	54° 34′
$001 : 0\bar{1}1$	1	1	56° 20′	56° 9′
$010 : 0\bar{1}1$	1	1	110° 49′	110° 43′
$\bar{1}\bar{1}0 : 0\bar{1}1$	2	2	82° 8′	82° 19′
$101 : 0\bar{1}1$	2	2	54° 2′5	63° 23′
$110 : 101$	3	3	43° 52′	43° 48′
$\bar{1}00 : 0\bar{1}1$	1	1	75° 46′	75° 25′
$\bar{1}\bar{1}0 : \bar{1}01$	3	3	97° 42′5	97° 46′
$\bar{1}01 : 0\bar{1}1$	1	1	71° 39′	71° 42′
$110 : 001$	1	1	57° 57′	67° 53′.

Kupferhyposulphat $CuS^2O^6 + 5H^2O$.

Triklinisch $a : b : c = 1 : 0{\cdot}9527 : 0{\cdot}5790$.

$\xi = 117°34'5 \quad \eta = 105°32'5 \quad \zeta = 65°37'$

$010 : 001 = 66°20' \quad 001 : 100 = 84°32' \quad 100 : 010 = 109°46'$.

Beobachtete Formen: (100).(010).(110).(001).($0\bar{1}1$).($\bar{1}\bar{1}1$) Tab. IV. Fig. 21–23.

Das Salz — durch Doppeldecomposition des Baryumhyposulphats mit Kupfersulphat dargestellt — krystallisirt aus der durch freiwilliges Verdampfen stark eingeengten Lösung in dunkelblauen, durchsichtigen, oft recht grossen, tafelförmigen oder kurz-säulenförmigen Combinationen, an welchen die Pyramidenflächen ($\bar{1}\bar{1}1$) häufig fehlen.

Das Salz hält sich in kalter, trockner Luft; zerfliesst in feuchter Luft und verwittert hingegen in erwärmter Winterluft.

Die Flächen sind glänzend und spiegeln gut.

Ausgezeichnete Spaltbarkeit parallel (100); weniger gut parallel ($0\bar{1}1$).

Die Mittelwerthe von Messungen an sechs Krystallen sind:

	Anzahl der Krystalle	Kanten	Beobachtet	Berechnet
*001 : 010	5	5	66° 20′	—
001 : 0$\bar{1}$1	5	5	38° 19′	38° 26′
0$\bar{1}$1 : 0$\bar{1}$0	3	3	75° 16′	75° 14′
001 : $\bar{1}\bar{1}$0	3	3	116° 34′	116° 34′
001 : 110	3	3	63° 25′	63° 26′
001 : $\bar{1}\bar{1}$1	—	—	—	42° 10′
$\bar{1}\bar{1}$0 : $\bar{1}\bar{1}$1	2	2	74° 45′	74° 24′
001 : $\bar{1}$00	4	4	95° 25′	95° 28′
* 001 : 100	3	3	84° 29′	84° 32′
010 : 110	2	2	49° 32′	49° 32′5
*100 : 110	6	6	60° 13′5	—
*$\bar{1}$00 : 010	4	4	70° 14′	—
$\bar{1}$00 : 0$\bar{1}$1	4	4	109° 16′5	—
100 : 0$\bar{1}$1	2	2	70° 43′5	70° 43′5
$\bar{1}$00 : $\bar{1}\bar{1}$1	2	2	74° 17′	74° 19′5
$\bar{1}\bar{1}$1 ; 0$\bar{1}$1	1	1	35° 24′	34° 57′
$\bar{1}\bar{1}$0 : 0$\bar{1}$1	1	1	91° 57′	91° 49′.

1·122 Gr. sehr langsam bis zum schwachen Rothglühen erhitzt hinterliess 0·570 Gr. $CuSO^4$, 50·80% entsprechend.

Die Formel $CuS^2O^6 + 5H^2O$ erfordert 50·86%.

Das Salz wird sehr leicht zersetzt; eine mässig concentrirte Lösung entwickelt schon beim Verdampfen im Wasserbade schweflige Säure, und die Krystalle vertragen selbst eine viel niedrigere Temperatur nicht ohne Zersetzung.

Heeren[1] hat früher ein Salz dargestellt, welches beim Erhitzen 52·69% $CuSO^4$ lässt, und demnach die Formel $CuS^2O^6 + 4H^2O$ hat. Es ist wahrscheinlich dieses Salz gewesen, welches die Herrn Handl, v. Lang und Murmann krystallographisch untersucht haben[2], denn obgleich diese Krystalle dem Äussern nach viele Ähnlichkeit mit dem von mir unter-

[1] Annalen der Physik und Chemie VII. 171.

[2] Sitzungsb. der k. k. Akademie der Wissenschaften XXVII. 171.

sachten Salze darbieten, scheinen die Winkelverhältnisse der zwei Verbindungen in gar keiner Beziehung zu einander zu stehen.

Baryumhypophosphit $BaH^4P^2O^4 + H^2O$.

Monoklinisch $a:b:c = 2{\cdot}0017:1:1{\cdot}5760$ $ac = 80°27'$.

Beobachtete Formen: (001) . ($\bar{1}01$) . (101) . (100) . (110). (112). (011). ($\bar{2}11$). Tab. IV. Fig. 24—27.

Das Salz ist in jüngster Zeit von Herrn Rammelsberg[1] analysirt und krystallographisch bestimmt worden.

Gelegentlich erhielt ich bei Darstellung einer grösseren Menge von diesem Salze prachtvolle Krystalle, welche ich, weil mir damals noch nicht die Bestimmungen des genannten Gelehrten bekannt waren, einer eingehenden krystallographischen Untersuchung unterwarf, deren Resultate in fast vollständiger Übereinstimmung mit den Bestimmungen des Herrn Rammelsberg sind.

Die Krystalle waren farblose, wasserhelle, oft sehr grosse Prismen: ($\bar{1}01$).(001).(100), nach ($\bar{1}01$) abgeplattet. Das Flächenpaar (101) trat nicht immer auf und war jedenfalls nur als schmale Abstumpfungen der Kanten (001).(100) zugegen.

Die in der Richtung der Orthodiagonale verlängerten Prismen sind gewöhnlich (wie Fig. 25, 26) durch die Flächen (112).(110) an den Enden begrenzt. Die vollständige Form von welcher die Fig. 27 eine Horizontalprojection darstellt, ist selten. Ausser den von mir beobachteten Formen hat Herr Rammelsberg die Hemipyramide (211) und das Hemidoma ($\bar{2}01$) beobachtet.

Die Resultate von Messungen an neun Krystallen sind:

	Anzahl der Krystalle	Anzahl der Kanten	Beobachtet	Berechnet	Rammelsberg
$\bar{1}01 : 001$	5	7	41° 32′5	41° 46′	42° 30′
$001 : 100$	6	8	80° 7′	80° 27′	79° 40′
$\bar{1}01 : \bar{1}00$	4	5	58° 13′	57° 47′	57° 30′
$101 : 001$	3	3	34° 31′	34° 29′	34° 10′
$101 : 100$	1	1	46° 0′	45° 58′	45° 45′

[1] Monatsb. d. k. Akad. d. Wissensch. zu Berlin 1872, p. 418.

	Anzahl der Krystalle	Kanten	Beobachtet	Berechnet	Rammelsberg
001 : 112	6	7	39° 4′	39° 10′	39° 5′
112 : 110	4	6	46° 19′	46° 32′	46° 50′
*001 : $\bar{1}\bar{1}0$	5	8	94° 18′	—	94° 30
$1\bar{1}2 : \bar{1}10$	3	4	71° 27′5	71° 20′	—
101 : 110	1	2	71° 34′	71° 42′	70° 45
101 : $1\bar{1}2$	1	1	36° 54′	36° 58′	„
101 : $0\bar{1}1$	1	1	63° 28′	63° 29′	63° 30′
$\bar{1}10 : 0\bar{1}1$	1	1	44° 55′5	44° 49′	—
$1\bar{1}2 : 0\bar{1}1$	1	1	26° 17′	26° 31′	—
$\bar{1}01 : 112$	5	6	67° 3′	67° 3′	—
$112 : 1\bar{1}2$	1	1	68° 53′	68° 49′	68° 0′
*$\bar{1}01 : \bar{1}10$	6	9	76° 3′5	—	75° 40′
$\bar{1}01 : 011$	2	2	66° 2′	66° 12′	*c* 67° 0′
011 : 110	1	1	37° 21′	37° 44′5	—
$\bar{1}\bar{1}0 : \bar{2}\bar{1}1$	1	1	29° 15′	29° 13′	—
$\bar{1}01 : \bar{2}\bar{1}1$	2	2	46° 40′	46° 51′	—
*100 : 110	7	9	63° 7′	63° 8′	—
110 : $\bar{1}10$	6	6	53° 42′	53° 44′	53° 40′
100 : 112	4	5	65° 29′	65° 58′	65° 18′
001 : 011	1	1	57° 5′	57° 14′5	—
100 : 011	1	1	84° 59′	84° 51′	—
$\bar{1}00 : \bar{2}11$	1	1	52° 40′	52° 34′5	—
011 : $\bar{2}11$	1	1	42° 46′	42° 34′5	—

Die Krystalle sind gewöhnlich parallel der Orthodiagonale gestreift, die Endflächen der Säulen sind an grössern Individuen fast immer krumm. Die Messungen sind daher nicht sehr scharf.

Zwillingsbildung sehr häufig: Zwillingsaxe die Normale des Flächenpaares ($\bar{1}01$), welches selbst Zusammensetzungsfläche ist. Einspringende Winkel — wie zwischen den Flächen $(100)' : (001)''$ und $(110)' : (110)''$ — sind gewöhnlich.

Die Mittelwerthe von Messungen an fünf Zwillingen sind:

	Anzahl der Krystalle	Kanten	Beobachtet	Berechnet
(110)′ : (110)″	4	4	27° 43′	27° 53′
(100)′ : (100)″	4	4	64° 59′	64° 26′
(100)′ : (001)″	2	2	15° 58′	16° 1′
(001)′ : (001)″	1	1	83° 22′	83° 32′
($\bar{1}$00)′ : (101)″	1	1	18° 29	18° 28′
(011)′ : (011)″	1	1	47° 19	47° 36′
(112)′ : (112)″	3	3	45° 32′	45° 54′

Zinnbromid-Bromammonium $SnBr^4.2NH^4Br$.

Regulär (111).(100).

Durch Behandlung von Zinn mit Brom und Wasser, Zusatz von Bromammonium und freiwilliges Verdampfen der Lösung, krystallisirt das Salz in grossen, gelblichen Cubo-Oktaëdern, welche in Wasser leicht löslich sind. Die Lösung wird durch Kochen oder durch Zusatz von einer grössern Menge Wasser unter Ausscheidung von Zinnsäurehydrat zersetzt.

Specifisches Gewicht 3·505 (Mittel aus zwei Versuchen).

1·186 Gr. in Wasser gelöst wurde mit Zink digerirt. Im Filtrate vom ausgeschiedenen Zinne wurde das Brom als Ag Br = 2·105 Gr. bestimmt. 75·52% Br.

1·1585 Gr. gaben durch Fällung mit Schwefelwasserstoff und Rösten des Schwefelzinnes 0·283 Gr. SnO^2, 19·2% Sn entsprechend.

1·065 Gr. wurden mit Natronkalk geglüht; im Destillate wurde wie gewöhnlich das Ammoniak als Platinsalmiak ausgefällt. Der Platinmenge 0·304 Gr. entspricht 5·2% NH^4.

Die Formel $SnBr^4.2NH^4Br$ erfordert:

		Procent	Gefunden
Sn	118	18·61	19· 2
Br^4	480	75·71	75·52
$2NH^4$	36	5·68	5· 2

Das Salz entspricht demnach vollständig der Chlorverbindung.

Zinnchlorid-Chlor { natrium. / ammonium.

Wittstein gibt an, dass man durch Zusatz von Kochsalz zu einer Lösung von Zinn in Salpeter-Salzsäure ein Doppelsalz von Zinnchlorid mit Chlornatrium — ohne näher angegebene Zusammensetzung — in wasserfreien, zerfliesslichen Würfeln erhält. Da ein solches wasserfreies Doppelsalz eine nähere Untersuchung zu verdienen schien, habe ich die Darstellung wiederholt. Es schieden sich zwei verschiedene Arten von Krystallen aus: erstens eine grosse Menge von ziemlich grossen, wasserhellen Würfeln, welche nur aus Kochsalz, durch anhängende Mutterlauge verunreinigt, bestanden, und dann eine nicht unbeträchtliche Menge von grossen würfelförmigen, wasserhellen Krystallen, welche eine grosse Menge Zinn enthielten. Die Krystalle wurden zur Reinigung in Wasser gelöst; die Lösung, langsam verdunstet, gab kleine, harte, vollkommen luftbeständige Cubo-Octaëder und Octaëder, welche wasserfrei waren, und eine grosse Menge Ammoniak — durch die Einwirkung des Zinnes auf die Salpetersäure gebildet — enthielten.

Die Analysen ergaben folgende Resultate:

1·056 Gr. wurden mit Schwefelwasserstoff behandelt, das Schwefelzinn in SnO^2 verwandelt = 0·4235 Gr., 31·55% Sn entsprechend.

Das Filtrat, nach Zusatz von Schwefelsäure eingedampft und geglüht, hinterliess 0·053 Gr. Na^2SO^4 = 1·63% Na.

0·9365 Gr. gaben, auf ähnliche Weise behandelt, 0·3765 Gr. SnO^2, 31·63% Sn entsprechend, und 0·049 Gr. Na^2SO^4 = 1·69% Na.

Das Chlor wurde durch Titriren mit Silbernitrat bestimmt, nachdem die Lösung des Salzes mit ein wenig Natriumcarbonat versetzt war. Fünf Bestimmungen, in welchen die Menge des Salzes 0·551 bis 0·650 betrug, ergaben:

57·63 Procent; 57·62; 57·68; 57·86; 57·48

oder im Mittel 57·65% Cl.

Die Formel $SnCl^4$. $2(Na_{0\cdot13}(NH^4)_{0\cdot87}Cl)$ erfordert:

		Procent	Gefunden	
Sn	118	31·98	31·55	31·63
Cl^6	213	57·72	57·65	
0·26 Na	6	1·63	1·63	1·69
1·74 NH^4	32	8·67		

Das Salz ist demnach Zinnchlorid-Chlorammonium, in welchem eine geringe Menge des Ammoniums ohne Veränderung der Krystallform durch Natrium vertreten ist.

Zinnchlorid-Chlornatrium $SnCl^4$. $2\,NaCl + 6\,H^2O$.

Wenn man Zinnchlorid in Wasser löst und die berechnete Menge Chlornatrium zusetzt, krystallisirt erst eine nicht unbeträchtliche Menge des Chlornatriums aus. Die Mutterlauge gibt dann beim Verdampfen bis zur Syrupconsistenz Krusten von schlecht ausgebildeten Krystallen mit matten, gestreiften Flächen. Ihr Habitus ist dem des analog zusammengesetzten Chlorplatin-Doppelsalzes ähnlich, aber die nähere krystallographische Bestimmung ist wegen der Unvollkommenheit der Krystalle unmöglich gewesen.

1·156 Gr. gaben durch Ausfällung mit SH^2 u. s. w. 0·3675 Gr. $SnO^2 = 24·95\%$ Sn. Das Filtrat hinterliess beim Eindampfen und Glühen 0·2770 Gr. NaCl = 9·42% Na.

1·345 Gr. gaben 0·428 Gr. $SnO^2 = 25·03\%$ Sn und 0·331 Gr. NaCl, 9·68% Na entsprechend.

Durch Titriren mit Silbernitrat — nach vorhergehendem Zusatze von etwas Natriumcarbonat — erhielt ich in zwei Versuchen mit 0·687 Gr. und 0·7595 Gr. respective 43·83 und 43·85% Chlor.

Der Formel $SnCl^4$. $2NaCl + 6H^2O$ entspricht:

		Procent	Gefunden		Lewy
Sn	118	24·33	24·95	25·03	25·09
Cl^6	213	43·92	43·83	43·85	44·87
Na_2	46	9·50	9·42	9·68	9·03

Lewy, welcher auch das Salz untersucht hat, nahm die Formel $SnCl^4$. $2NaCl + 5H^2O$ an.

Zinnchlorid-Chlorcalcium $SnCl^4 . CaCl^2 + 6H^2O$.

Aus einer stark eingeengten Lösung von gleichen Molecülen Zinnchlorid und Chlorcalcium in Wasser krystallisirt das Salz in grossen, wasserhellen, ausserordentlich zerfliesslichen Rhomboëdern, deren Polkantenwinkel ungefähr 95° ist[1]. Das Salz zerfliesst an der Luft ebenso schnell wie Chlorcalcium und hält sich ohne Verwittern über Schwefelsäure.

0·730 Gr. gaben bei der gewöhnlichen Behandlung 0·2315 Gr. SnO^2, 24·95 Gr. Sn entsprechend. Das Filtrat, mit Schwefelsäure eingedampft und geglüht, hinterliess 0·2085 Gr. $CaSO^4 = 8·4\%$ Ca.

1·326 Gr. gaben 0·4235 Gr. $SnO^2 = 25·13\%$ Sn und 0·365 $CaSO^4 = 8·1\%$ Ca.

In zwei Versuchen wurde das Chlor, nach vorhergehendem Zusatze von Na^2CO^3, durch Titriren mit Silbernitrat bestimmt; 0·6825 Gr. gaben 44·29%, 0·802 Gr. 44·27% Chlor.

Lewy, welcher früher das Salz untersucht hat, nahm 5 Molecüle Wasser an.

Die Formel $SnCl^4 . CaCl^2 + 6H^2O$ erfordert:

		Procent	Gefunden		Lewy
Sn	118	24·64	24·95	25·13	25·31
Cl^6	213	44·45	44·29	44·27	45·45
Ca	40	8·35	8·4	8·1	8·24

Zinnchlorid-Chlorstrontium $SnCl^4 . SrCl^2 + 8H^2O$.

Durch freiwilliges Verdampfen einer Lösung von gleichen Molecülen Zinnchlorid und Chlorstrontium krystallisirt das Salz in gestreiften Nadeln oder cannelirten Prismen ohne deutliche Begrenzungsflächen aus. Das Salz ist in Wasser sehr leicht löslich

[1] An mehreren der analog zusammengesetzten Salze $SiCl_4 . RCl^2 + 6H^2O$ u. s. w., wo R ein Metall der Magniumgruppe ist, hat man Rhomboëder mit Polkantwinkel 96°—97° beobachtet. Es wäre möglich, dass das $SnCl^4 . CaCl^2 + 6H^2O$ auf diese Weise mit den verschiedenen Reihen

$$SnCl^4 . MgCl^2 + 6H^2O ; PtCl^4 MgCl^2 + 6H^2O$$

u. s. w. isomorph ist. Der ausserordentlichen Zerfliesslichkeit des Salzes wegen ist es leider unmöglich, das Rhomboëder mit irgend welcher Zuverlässigkeit zu bestimmen.

und zerfliesst an gewöhnlicher Luft. Über Schwefelsäure verwittern die Krystalle langsam. Die Lösung wird beim Verdünnen oder durch Kochen zersetzt.

0·9925 Gr. wurde mit SH^2 ausgefällt. Das Schwefelzinn, in SnO^2 verwandelt = 0·2775 Gr., 21·99% Sn entsprechend. Im Filtrate wurde das Strontium mittelst Schwefelsäure und Alkohol ausgefällt: 0·306 Gr. $SrSO^4$ = 14·71% Sr.

1·514 Gr. gaben bei ähnlicher Behandlung 0·4235 Gr. SnO^2 = 22·00% Sn, und 0·474 Gr. $SrSO^4$ = 14·94% Sr.

Das Chlor wurde, wie gewöhnlich, durch Titriren bestimmt. In fünf Versuchen, wo die Menge des Salzes 0·575—2·190 Gr. war, erhielt ich 37·75—38·05% Chlor oder im Mittel 37·91% Cl.

Lewy hat früher das Salz analysirt; er nahm für dieses wie für die übrigen Zinnchlorid-Doppelsalze 5 Molecüle Wasser an.

Der Formel $SnCl^4$. $SrCl^2 + 8H^2O$ entspricht:

		Procent	Gefunden		Lewy
Sn	118	20·97	21·99	22·00	23·38
Cl^6	213	37·81	37·91		41·04
Sr	87·6	15·56	14·71	14·94	16·77

Das Salz hat demnach dieselbe Zusammensetzung wie das Platinchlorid-Chlorstrontium.

Kopenhagen, im Januar 1874.

$4(AuCl^3.NH^4.Cl) + 5H^2O$	Tab. I	Fig. 1—3.	Pag. 261
$2(AuCl^3.NH^4.Cl) + 5H^2O$	„ I	„ 4	„ 263
$2(AuCl^3.KCl) + H^2O$	„ I	„ 5—6	„ 264
$AuCl^3.KCl + 2H^2O$	„ II	„ 7	„ 265
$2AuCl^3.MgCl^2 + 8H^2O$	„ II	„ 8—11	„ 267
$2AuCl^3.NiCl^2 + 8H^2O$	„ II	„ 8, 11—12	„ 269
$2AuCl^3.ZnCl^2 + 8H^2O$	„ II	„ 8, 10, 11	„ 270
$2AuCl^3.CoCl^2 + 8H^2O$	„ II, III	„ 13, 15, 16	„ 271
$2AuCl^3.MnCl^2 + 8H^2O$	„ II, III	„ 13, 14	„ 274
$PtCl^4.BaCl^2 + 4H^2O$	„ III	„ 17—18	„ 275
$PtBr^4.2NaBr + 6H^2O$	„ III	„ 19—20	„ 276
$CuS^2O^6 + 5H^2O$	„ IV	„ 21—23	„ 277
$BaH^4P^2O^4 + H^2O$	„ IV	„ 24—27	„ 279
$SnBr^4.2NH^4Br$			„ 281
$SnCl^4.2(NH^4.Na)Cl^2$			„ 282
$SnCl^4.2NaCl + 6H^2O$			„ 283
$SnCl^4.CaCl^2 + 6H^2O$			„ 284
$SnCl^2.SrCl^2 + 8H^2O$			„ 284

Fig. 1.

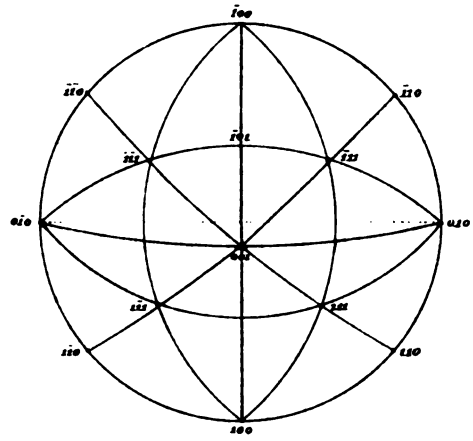


Fig. 2.

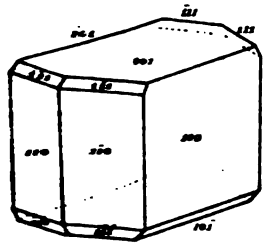


Fig. 3.

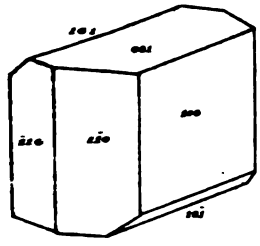


Fig. 4.

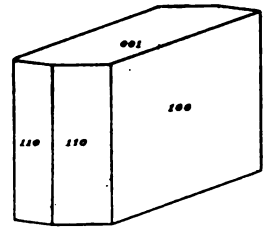


Fig. 5.

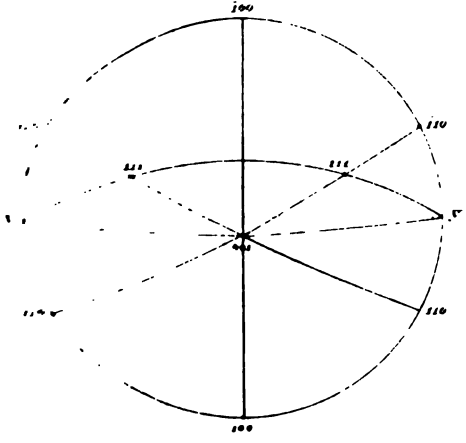
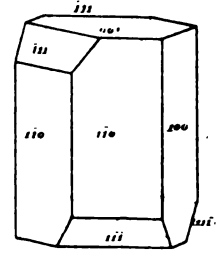


Fig. 6.



Digitized by Google

Fig. 7

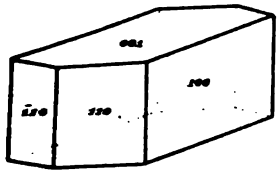


Fig. 8.

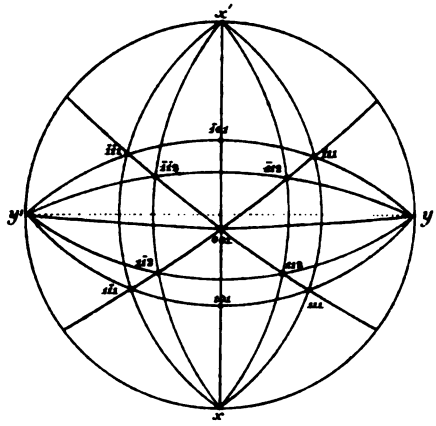


Fig. 9

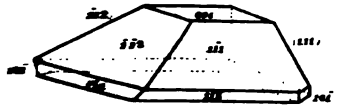


Fig. 10

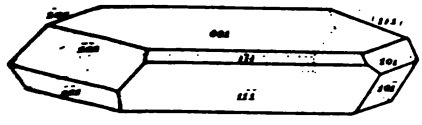


Fig. 11.

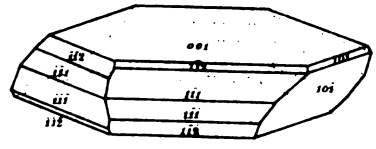


Fig. 13.

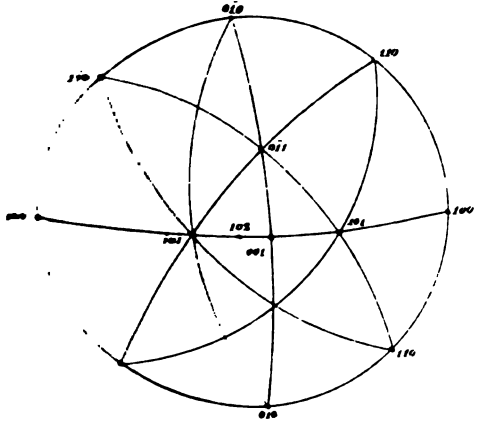
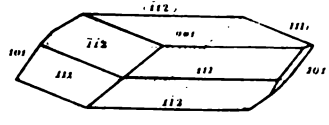


Fig. 12



Digitized by Google

Fig. 14.

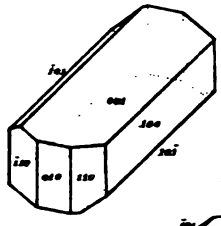


Fig. 15.

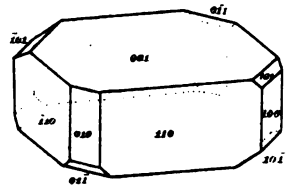


Fig. 16.

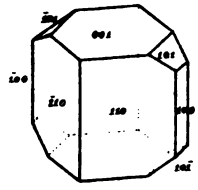


Fig. 20.

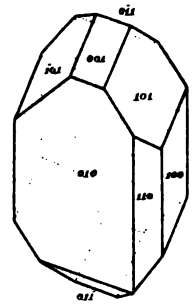


Fig. 17.

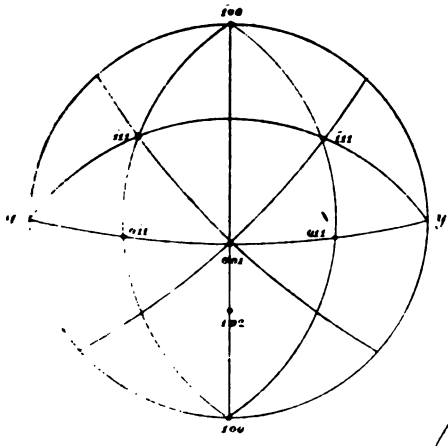


Fig. 19.

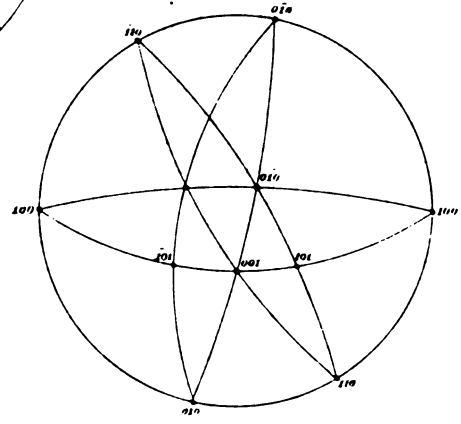
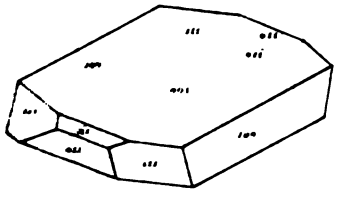


Fig. 18.



Scanned with CamScanner

Fig. 21.

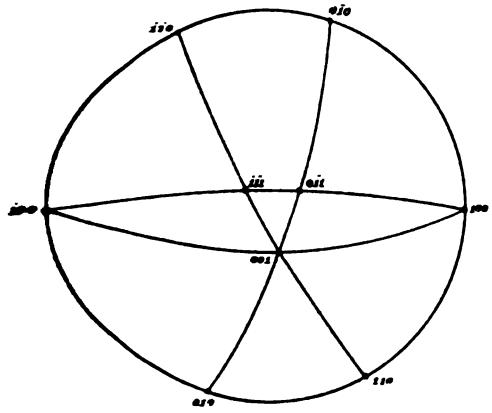


Fig. 22.

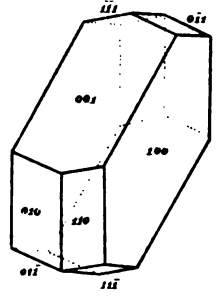


Fig. 23.

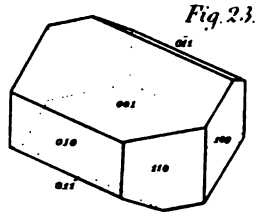


Fig. 25.

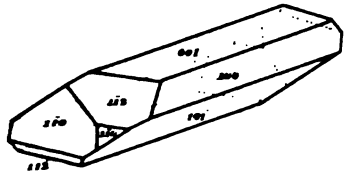


Fig. 26.

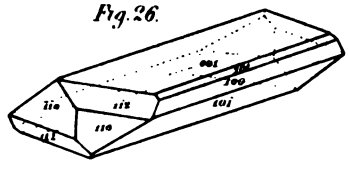


Fig. 27.

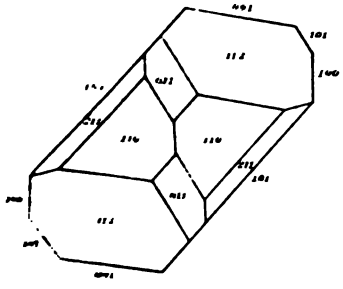
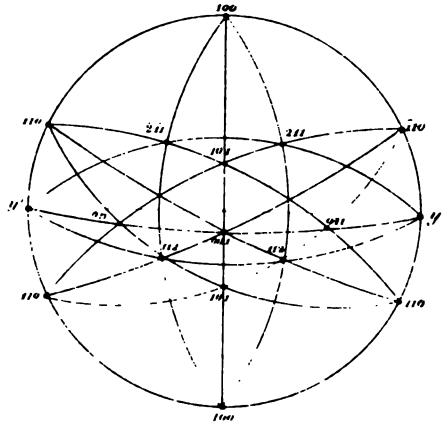


Fig. 24.



Digitized by Google

Über die Reibungsconstante der Luft als Function der Temperatur.

Von **J. Puluj.**

(Vorgelegt in der Sitzung am 5. Februar 1874.)

Die in vorliegender Abhandlung mitgetheilten Beobachtungen über den Reibungscoëfficienten der Luft habe ich im physikalischen Cabinete der Wiener Universität ausgeführt. Es möge mir gestattet sein, an dieser Stelle dem hochverehrten Herrn Professor Dr. V. von Lang, über dessen Aufforderung ich die Versuche angestellt habe, für die gütige Unterstützung der experimentellen Arbeiten meinen verbindlichsten Dank auszudrücken.

Ich benützte zu meinen Versuchen einen ähnlichen Apparat, wie ihn Professor Lang in seinen Versuchen über die Einströmung von Gasen beschrieben hat[1]. In ein Wasserreservoir wurde eine in Centimeter getheilte Glasröhre mit ihrem offenen Ende bis 0 Ctm. eingetaucht. In das obere Ende dieser Manometerröhre war mit Kork und Siegellack ein T-förmiges Messingrohr eingekittet und an beiden Armen desselben Bleiröhren angelöthet. Eine von diesen Bleiröhren war mittelst eines Kautschukschlauches mit der Capillarröhre, durch welche die Luft transpiriren sollte, verbunden. Die zweite Bleiröhre trug an ihrem Ende einen kurzen, mit Quetschhahn versehenen Kautschukschlauch. Um die Kautschukschläuche für die Luft undurchdringlich zu machen, wurden dieselben aussen mit Asphaltlack überzogen. Die Beobachtung geschah bei den Marken:

95, 75, 60, 45, 30, 20, 10 und 5 Ctm.

Wird nun durch den Kautschukschlauch die Luft aus der Manometerröhre entfernt, bis das Wasser über dem Theilstriche 95

[1] Sitzb. d. k. Akad. d. Wissensch. II. Abth. Aprilh. 1871.

steht, und hierauf der Kautschukschlauch durch den Quetschhahn geschlossen, so strömt die Luft durch die Capillare, und in Folge dessen fällt das Wasser in der Manometerröhre, und sowie die Wasserkuppe eine der acht Marken passirt, wird die Zeit mittelst einer Sekundenuhr notirt. Die Luft wurde vor der Transpiration durch ein mit Chlorcalcium und ein zweites mit feiner Baumwolle gefülltes Gefäss geleitet, um dieselbe trocken zu machen und von feinen Stäubchen, die mitgerissen werden konnten, zu befreien. Im letzten Gefässe befand sich ein Thermometer, um die Temperatur vor ihrer Einströmung zu messen. Ausserdem waren bei dem Apparate noch zwei andere Thermometer, eines beiläufig mitten an der Manometerröhre aufgehängt, ein zweites in der Wanne in das Wasser eingetaucht, um auch die Temperaturänderungen der Luft nach ihrer Transpiration in der Manometerröhre und die des Wassers in der Wanne zu beobachten. Die Temperatur des Wassers war in Folge der Verdampfung immer tiefer als die Zimmertemperatur; es war daher nöthig, vor jeder Beobachtung das Wasser auf jene Temperatur zu bringen, welche das Thermometer im Gefässe vor der Capillare anzeigte. Dies erzielte ich, indem ich in das Wasserresevoir eine nöthige Quantität warmen Wassers hinzugoss und recht oft umrührte. Die Haltbarkeit des Apparates wurde auf die Weise controllirt, dass ich vor der Beobachtung die Wasserkuppe auf 95 Ctm. einstellte, und jenen Kautschukschlauch, der die Capillare mit dem Gefässe verband, mittelst eines Quetschhahnes absperrte. So liess ich den Apparat 12—14 Stunden stehen. Der Stand des Wassers in der Manometerröhre durfte sich nicht ändern, ausser wenn sich die Temperatur der eingeschlossenen Luft geändert hat. Um den ganzen Apparat vor Temperaturschwankungen möglichst zu schützen, wurde derselbe mitten im Beobachtungszimmer aufgestellt. Der jedesmalige Wasserstand in der Manometerröhre sowie beide Thermometer wurden mittelst eines Fernrohres abgelesen. Die Transpirationszeiten wurden nach einer Sekundenuhr gezählt, die durch einen elektrischen Strom mit dem Neef'schen Hammer in Verbindung stand.

Theorie der Versuche.

Es ist durch zahlreiche Beobachtungen festgestellt, dass die Temperatur eines Gases steigt oder fällt, wenn der Druck, unter welchem dasselbe steht, also auch das Volumen des Gases vergrössert oder vermindert wird. Es wird daher auch die Temperatur der durch die Capillare strömenden Luft eine Function des Druckes sein, der bei dem beschriebenen Apparate von Zeit zu Zeit als auch von Stelle zu Stelle in der Capillare variirt. Es ändert sich nämlich der Druck in der Capillare nach dem Gesetze:

$$p = \left(p_1^2 - \frac{p_1^2 - p_2^2}{\lambda} x\right)^{\frac{1}{2}}$$

worin p_1 den Druck am Anfang der Capillare, p_2 den am Ende und p den Druck an irgend einer Stelle x vom Anfang derselben bedeutet. Der Druck ist ausserdem noch mit der Zeit veränderlich. Wollte man daher den Einfluss der Temperatur auf die Reibung der Luft untersuchen, so müsste auch dieser Umstand in der Rechnung gehörig berücksichtigt werden. Man ist aber berechtigt, denselben zu vernachlässigen, wenn die Beobachtungen nur bei kleinen Drücken gemacht werden, und wenn, wie es beim Apparate des Prof. Lang der Fall ist, der Druck, unter dem die strömende Luft steht, mit der Zeit nur wenig sich ändert, und daher die in Folge einer kleinen Ausdehnung der Luft verloren gegangene Wärme sofort durch jene Wärmemenge, welche der strömenden Luft von der Wand der Capillare zugeführt wird, ausgeglichen werden kann. Da man nun nach dieser Auseinandersetzung berechtigt ist, von der Beobachtungsmethode des Prof. Lang über die Luftreibung möglichst genaue Resultate zu erwarten, so möge im Folgenden eine Theorie meiner Versuche, ähnlich wie sie O. E. Meyer[1] mit Zugrundelegung des Poisseuille'schen Gesetzes entwickelt hat, gegeben werden.

Die Integration der Differentialgleichungen, welche Stokes für die Bewegungen eines luftförmigen Mediums aufgestellt hat, liefert für Bewegungen in den Capillaren das Poisseuille'sche

[1] Pogg. Ann. Bd. 148. p. 550.

Gesetz, unter Voraussetzung, dass der Druck an allen Punkten eines beliebigen Querschnittes der Capillare gleich gross ist, dass also die Flüssigkeitstheilchen parallel zur Röhrenaxe sich fortbewegen, der treibende Druck nicht zu gross ist, der Zustand der Bewegung mit der Zeit sich nicht ändert, und die Flüssigkeit an der Röhrenwand haftet.

Das Poisseuille'sche Gesetz gibt jenes Volumen Gas an, welches während einer bestimmten Zeit durch die Capillare strömt; es ist

$$V = \frac{\pi R^4}{8\eta\lambda} \cdot \frac{p_1^2 - p_2^2}{2p} t$$

V ist das Gasvolumen, welches während der Zeit t durch irgend einen Querschnitt der Capillare transpirirt, gemessen unter dem in diesem Querschnitte stattfindenden Drucke, der gegeben ist durch die Formel

$$p^2 = p_1^2 - \frac{p_1^2 - p_2^2}{\lambda} x$$

Darin haben p_1, p_2 und p die obige Bedeutung; ferner bedeutet R den Halbmesser, λ die Länge der Capillare und η den Reibungscoëfficienten des strömenden Gases.

Die erste Formel ist für den stationären Zustand der Bewegung entwickelt worden. Ist der Zustand der Bewegung ein veränderlicher, und gehen die Änderungen des Druckes sehr langsam vor sich, so ist man auch in dem Falle berechtigt, die obige Formel während eines sehr kleinen Zeitelementes dt als angenähert richtig zu betrachten. Alsdann ist das während eines Zeitelementes dt durch Capillare eingeströmte unendlich kleine Gasvolumen gegeben durch

$$dV = \tfrac{1}{2} K \frac{p_1^2 - p_2^2}{p} dt,$$

wenn

$$K = \frac{\pi R^4}{8\eta\lambda}$$

Bei meinen Versuchen ist p_1 der vom Barometer angezeigte Druck der atmosphärischen Luft vor der Transpiration und p_2 der Druck, unter dem die Luft in der Manometerröhre steht nach ihrer Transpiration. Da die transpirirte Luft unter dem in der

Manometerröhre stattfindenden Drucke gemessen wird, so ist $p = p_2$ zu setzen und daher

$$p_2 dV = \tfrac{1}{2}K(p_1^2 - p_2^2)dt$$

Es sei nun zu irgend einer Zeit v das Volumen der Luft, welche sich bereits in der Manometerröhre über dem Wasser angesammelt hat, gemessen unter dem Drucke p_2. Wächst die Zeit t, so nimmt auch das Volumen v und der Druck p_2 zu. Für $t-dt$ hat man also $v+dv$ und p_2+dp_2; denn bedeutet h die Höhe der Wassersäule in der Manometerröhre und σ das specifische Gewicht des Wassers, so besteht allemal die Relation

$$p_1 - p_2 = h\sigma,$$

aus der zu ersehen ist, dass, wenn h kleiner wird, p_2 zunehmen muss.

Das Herausströmen einer unendlich kleinen Luftmenge dV aus der Capillare veranlasst nun ein Sinken des Wassers in der Manometerröhre um die unendlich kleine Höhe dh, und daher ein Steigen des Druckes p_2 um dp_2. Nach dem Mariotte'schen Gesetze muss zwischen den veränderlichen Grössen folgende Relation bestehen:

$$(v+dV)p_2 = (v+dv)(p_2+dp_2),$$

aus der mit Vernachlässigung der unendlich kleinen Grösse zweiter Ordnung sich

$$p_2 dV = v dp_2 + p_2 dv$$

ergibt, und mit Rücksicht auf das Poisseuille'sche Gesetz

$$v dp_2 + p_2 dv = \tfrac{1}{2}K(p_1^2 - p_2^2)dt$$

Bedeutet ferner U das Volumen des Apparates bis zum Theilstriche 0 Cm., a den Querschnitt der Manometerröhre, h die Höhe des Wasserstandes, so besteht noch folgende Relation:

$$v = U - ah.$$

Wird ferner das specifische Gewicht des Wassers = 1, die Beschleunigung der Schwere = g, das specifische Gewicht des Quecksilbers = s und der Barometerstand = b gesetzt, so ist:

$$gbs - p_2 = gh,$$

daher

$$v = U - abs + \frac{a}{g} p_2. \qquad (1)$$

und

$$dv = \frac{a}{g} dp_2, \qquad (2)$$

Eliminirt man mit Hilfe dieser zwei Gleichungen aus der obigen Formel v und dv, so findet man:

$$(U - abs) \frac{dp_2}{p_1^2 - p_2^2} + \frac{2a}{g} \cdot \frac{p_2 dp_2}{p_1^2 - p_2^2} = \tfrac{1}{2} K dt,$$

und durch Integration dieser Gleichung p_2 als Function der Zeit t:

$$(U - abs) \frac{1}{2p_1} \cdot \log\left(\frac{p_1 + p_2}{p_1 - p_2}\right) - \frac{a}{g} \cdot \log(p_1^2 - p_2^2) + C = \tfrac{1}{2} Kt,$$

woraus man schliesslich durch Substitution der Werthe von

$$p_1 = gbs \text{ und } p_2 = g(bs - h),$$

findet:

$$\log h - L \cdot \log(2bs - h) = M - Nt.$$

Will man nicht mit natürlichen, sondern mit Brigg'schen Logarithmen rechnen, so muss die letzte Gleichung noch mit dem Modulus 0·43429 multiplicirt werden. In diesem Falle haben die Constanten der letzten Gleichung folgende Bedeutung:

$$L = \frac{U - 3abs}{U + abs},$$

$$N = 0{\cdot}43429 \cdot \frac{Kgbs}{U + abs}$$

M erhält seine Bedeutung aus dem Werthe von h für $t = o$.

Wird die Constante L aus den für jeden Versuch gegebenen Grössen U, a, b, s berechnet, so können auch die Constanten M und N nach der Methode der kleinsten Quadrate aus den zusammengehörigen Werthen von h und t bestimmt werden. Die letzte Gleichung liefert dann die Reibungsconstante der Luft im absoluten Masse:

$$\eta = 0{\cdot}43429 \cdot \frac{\pi R^4}{8\lambda N} \cdot \frac{gbs}{U + abs}.$$

Correctionen.

Bei der Berechnung der Versuche sind noch einige Correctionen zu berücksichtigen.

1. Correction wegen Änderung der Niveaufläche des Wassers in der Wanne. Wird die Niveaufläche des Wassers in der Wanne auf den Theilstrich 0 Cm. eingestellt, durch eine gegen dieselbe gerichtete Spitze einer feinen Schraube markirt, und hierauf die Manometerröhre auf bekannte Weise evacuirt, so steigt in derselben das Wasser und in Folge dessen fällt die Niveaufläche in der Wanne unter den Theilstrich 0 Ctm. Mit dem Wasserstande in der Manometerröhre ändert sich jedesmal auch die Niveaufläche in der Wanne. Daraus ergibt sich die Nothwendigkeit einer Correction der Wasserstände, bei denen beobachtet wird. Die entsprechenden Correctionen lassen sich leicht nach der Formel

$$\Delta = \frac{V}{F}$$

finden, wenn F die Niveaufläche der Wanne und V das Volumen des Wassers in der Manometerröhre bis zur Beobachtungsmarke bedeutet. Es ist dann Δ die Höhendifferenz, um welche die Niveaufläche unter den Nullstrich fällt.

Die Niveaufläche des Wassers in der Wanne bildete eine Ellipsenfläche mit einer grossen Axe von 42·5 Cm. und kleinen Axe von 28·2 Cm. Länge. Steigt das Wasser in der Röhre bis zum Theilstriche 95 Ctm., so fällt die Niveaufläche um 0·031 Cm. unter den Nullstrich. Diese Correction muss zur entsprechenden Höhe der Wassersäule hinzuaddirt werden. Es ergaben sich als corrigirte Wasserstände, bei denen die Zeit notirt wurde:

95·031, 75·025, 60·019, 45·015, 30·010, 20·007, 10·003, 5·002.

2. Correction wegen ungleichen Querschnittes der Manometerröhre.

Für das Volumen der Manometerröhre ist gefunden worden:

von der Marke	95—75	24·31 CC.
„ „ „	95—60	42·78 „
„ „ „	95—45	61·42 „
„ „ „	95—30	80·24 „
„ „ „	95—20	92·95 „
„ „ „	95—10	105·55 „
„ „ „	95— 5	111·67 „
„ „ „	95— 0	117·82 „

Dividirt man die letzte Zahlenreihe durch den mittleren Querschnitt $a = \frac{117{\cdot}82}{95} = 1{\cdot}24$, so erhält man:

19·60, 34·50, 49·53, 64·71, 74·96, 85·12, 90·06, 95·00,

aus welchen Zahlen zu ersehen ist, dass die Volumina 95—75, 95—60, 95—45, 95—30, 95—20 zu klein, dagegen die Volumina 95—10, 95—5, zu gross sind. Ist daher t die Transpirationszeit für das Volumen 95—75, so ist dieselbe zu klein; die richtige Transpirationszeit ist

$$t.\frac{20}{19{\cdot}6} = t\left(1 + \frac{0{\cdot}4}{19{\cdot}6}\right) = t(1+0{\cdot}020408)$$

Auf diese Weise ergeben sich die Correctionen der beobachteten Transpirationszeiten für andere Volumina, und zwar:

für 95—75	$t(1+0{\cdot}020408)$
„ 95—60	$t(1+0{\cdot}014492)$
„ 95—45	$t(1+0{\cdot}009489)$
„ 95—30	$t(1+0{\cdot}004481)$
„ 95—20	$t(1+0{\cdot}000533)$
„ 95—10	$t(1-0{\cdot}001409)$
„ 95— 5	$t(1-0{\cdot}000666)$
„ 95— 0	t

3. Correctionen wegen der Temperaturänderung.

a) Mit der Temperatur ändert sich der ganze Apparat. Es müssen daher an den Grössen a, U, h, λ der Länge und R dem Radius der Capillare entsprechende Correctionen angebracht werden. Ich berechnete mir eine Tafel, aus der für beobachtete

Temperaturen die entsprechenden Grössen a, U, h, $\log(8\lambda)$ und $\log(R^4)$ unmittelbar gefunden werden konnten. Zur Berechnung der Tafel benützte ich den linearen Ausdehnungscoëfficienten des Glases

$$\gamma = 0{\cdot}000008969$$

und des Bleies

$$\gamma' = 0{\cdot}000028575.$$

b) Ändert sich die Temperatur der Luft in der Manometerröhre während der Beobachtung, so muss in Folge dessen das Luftvolumen, also auch der Wasserstand sich ändern, und die beobachtete Zeit ist entweder zu gross oder zu klein, je nachdem die Temperatur fällt oder steigt. Ändert sich während der Zeit, als das Wasser bis zu irgend einer Marke fällt, die Temperatur der Luft in der Manometerröhre um $d\vartheta$, bedeutet ferner h die Höhe des Wasserstandes in der Manometerröhre, a den Querschnitt derselben, U das Volumen des ganzen Apparates und α den Ausdehnungscoëfficienten der Luft, so ist

$$v = U - ah$$

das Luftvolumen im Apparate beim Wasserstande h;

$$\alpha(U - ah)\,d\vartheta$$

der dem Temperaturdifferential entsprechende Zuwachs des Luftvolumens, und

$$\alpha\left(\frac{U}{a} - h\right)d\vartheta$$

jenes Höhendifferential, um welches das Wasser in der Manometerröhre fallen muss, wenn sich die Temperatur um $d\vartheta$ geändert hat. Ist endlich τ die mittlere Fallzeit in Sekunden für ein Centimeter Fallhöhe, so ist die Fallzeit für eine Fallhöhe von

$$\alpha\left(\frac{U}{a} - h\right)d\vartheta$$

Centimetern

$$\Sigma = \alpha\tau\left(\frac{U}{a} - h\right)d\vartheta$$

Sekunden. Die mittlere Fallzeit kann aus den bei zwei aufeinanderfolgenden Marken beobachteten Zeiten berechnet werden,

wenn man ihren Unterschied durch die Distanz jener Marken dividirt. Fällt die Temperatur, so ist $d\vartheta$ negativ, dagegen positiv, wenn die Temperatur steigt. Im ersten Falle muss die Correction von der beobachteten Zeit subtrahirt, im zweiten zu derselben addirt werden. Die Fallgeschwindigkeit des Wassers in der Manometerröhre ändert sich mit der Zeit nur sehr langsam, daher ist man auch berechtigt, den Ausdruck für die Correction wegen Temperaturänderung des transpirirten Luftvolumens als hinreichend richtig anzunehmen.

Eine ähnliche Formel liesse sich für die Correction aufstellen, welche an der beobachteten Zeit anzubringen wäre, wenn sich während der Beobachtung der Barometerstand ändern würde. Diese Correction konnte wegen Kleinheit der Änderungen des Barometerstandes vernachlässigt werden.

Die angeführten Correctionen sind bei sämmtlichen Beobachtungen berücksichtigt worden.

Das Volumen des ganzen Apparates sowie der einzelnen Theile der Manometerröhre wurde durch wiederholte Ausmessungen mit destillirtem Wasser bestimmt. Für das Volumen beider Bleiröhren, des T-förmigen Messingrohres und des sehr kleinen Endstückes der Manometerröhre bis zur Marke 95 Ctm. ist 25·08 CC. gefunden worden. Das Volumen der Manometerröhre von 0—95 Ctm. fasste 117·82 CC.; daher das ganze Volumen des Apparates bis zur Capillare

$$U = 142{\cdot}9 \text{ CC.}$$

Der Querschnitt des zu den Versuchen verwendeten Kautschukschlauches ist auch mittelst destillirten Wassers bestimmt worden. Aus dem Querschnitte = 0·0853 □Cm. und der bei jedem Versuche mit l angegebenen Länge des Kautschukschlauches berechnet sich sein Volumen, welches allemal zu U noch hinzuaddirt werden muss.

Von vielen Versuchen, die mit Röhren vom verschiedenen Querschnitte ausgeführt wurden, führe ich im Folgenden nur jene an, die mit der Capillare vom Querschnitte 0·0012236 □ Cm. gemacht worden sind, weil dieselben das grösste Temperatur-Intervall umfassen.

In die nachfolgende Aufzählung der beobachteten Grössen wird aufgenommen:

1. ϑ und ϑ' Temperaturen der trockenen Luft vor und nach der Transpiration;
2. ϑ Temperatur des Wassers in der Wanne;
3. b Barometerstand in Centimetern;
4. β die beim Barometer abgelesene Temperatur;
5. l Länge des Kautschukschlauches;
6. h die Höhe der Wassersäule in der Manometerröhre in Centimetern;
7. t beobachtete Transpirationszeiten in Sekunden;
8. t_m Mittel der reducirten Zeiten;
9. $B-R$ Unterschied zwischen Beobachtung und Rechnung;
10. die der Beobachtung ensprechende Relation zwischen Druckhöhe des Wassers und der Transpirationszeit. Die Constanten jener Formeln sind nach der Methode der kleinsten Quadrate ermittelt worden.

Es wurde ferner zur Reduction des Barometerstandes auf 0° C. der Ausdehnungscoëfficient des Quecksilbers

$$\alpha = 0{\cdot}00018153$$

verwendet, und

$$s = 13{\cdot}596$$

als sein specifisches Gewicht angenommen.

Beobachtungen.

Länge der Capillare..... 155·76 Cm.
Querschnitt der Capillare ... 0·0012236 □Cm.
Halbmesser der Capillare ... 0·0197353 Cm.

Versuch I.

Mai 7, 1873. $\vartheta = 15°0$ C. $b = 74·05$ Cm. $l = 26$ Cm.
$\vartheta = 15°2$ C. $\beta = 15°6$ C.

h	ϑ'	t	ϑ'	t	t_m	$B-R$
95	15°0 C.	0'0	15°0 C.	0'0	0'0	—0'6
75	„	140·3	„	140·4	143·2	—0·6
60	„	277·3	„	277·4	281·3	—1·4
45	„	460·4	„	460·7	464·9	—1·0
30	„	727·1	„	727·3	730·5	+0·9
20	„	1000·7	„	1000·9	1001·3	+3·4
10	„	1468·6	„	1469·1	1466·7	+3·7
5	„	1929·3	„	1929·4	1928·0	—4·4

$$\log h + 2·5823984 . \log (2007·8828 - h) = 10·4528236 - 0·00063521 . t.$$

Versuch II.

Mai 9. Wasser in der Wanne zugegossen.
$\vartheta = 13°4$ C. $b = 74·23$ Cm. $l = 23·2$ Cm.
$\vartheta = 13°4$ C. $\beta = 13°5$ C.

h	ϑ'	t	ϑ'	t	t_m	$B-R$
95	13°4 C.	0'0	13°4 C.	0'0	0'0	—0'4
75	„	139·8	„	139·8	142·7	—0·3
60	„	276·0	„	276·2	280·1	—1·2
45	„	458·2	„	458·3	462·5	—1·1
30	„	723·4	„	723·5	726·6	+0·5
20	„	995·8	„	995·8	996·3	+3·1
10	„	1461·8	„	1461·4	1459·7	+3·4
5	„	1920·6	„	1920·6	1919·3	—3·9

$$\log h + 2·584007 . \log (2013·2580 - h) = 10·4611782 - 0·00063826 . t$$

Versuch III.

Mai 10. Wasser zugegossen.

$\vartheta = 14°7$ C. $b = 74·48$ Cm. $l = 21·5$ Cm.
$\vartheta = 14°7$ C. $\beta = 15°1$ C.

h	ϑ'	t	ϑ'	t	t_m	$B-R$
95	14°7 C.	0'0	14°6 C.	0'0	0'0	−1'1
75	„	140·1	„	140·3	143·1	−0·7
60	„	277·0	„	277·3	281·1	−1·2
45	„	459·7	„	459·2	463·8	−0·9
30	14°6	725·9	„	726·2	728·9	+1·4
20	„	998·8	14°5	998.7	998·2	+3·4
10	„	1466·1	„	1466·4	1462·3	+4·2
5	„	1925·3	14·45	1927·8	1920·6	−5·0

$$\log h + 2·5856412 \log (2019·7614 - h) = 10·4707557 - 0·000637748 . t.$$

Versuch IV.

Mai 14. Wasser in der Wanne zugegossen.

$\vartheta = 14°8$ C. $b = 74·33$ Cm. $l = 18·2$ Cm.
$\vartheta = 14°9$ C. $\beta = 15°4$ C.

h	ϑ'	t	t	ϑ'	t	t	t_m	$B-R$
95	14°8 C.	0'0	0'0	14°7 C.	0'0	0'0	0'0	−0'7
75	„	140·2	140·3	„	140·3	140·2	143·2	−0·4
60	„	276·9	276·9	„	277·0	276·9	280·9	−1·3
45	„	459·5	459·8	„	459·7	459·7	464·1	−0·8
30	„	725·4	725·6	„	725·4	725·5	728·7	+0·7
20	„	998·3	998·2	„	998·0	998·0	998·6	+3·0
10	„	1465·7	1464·2	„	1465·6	1465·7	1463·2	+3·7
5	„	1925·1	1924·9	„	1924·5	1925·2	1923·5	−4·2

$$\log h + 2·5855618 . \log (2015·5474 - h) = 10·4677748 - 0·00063687 . t.$$

Versuch V.

Mai 16. Wasser zugegossen.

$\vartheta = 15°5$ C. $b = 74·04$ Cm. $l = 16·2$ Cm.
$\vartheta = 15°4$ C. $\beta = 16°8$ C.

h	ϑ'	t	ϑ'	t	t_m	$B-R$
95	15°4 C.	0'0	15°5 C.	0'0	0'0	—0'7
75	„	140·3	„	140·5	143·3	—0·5
60	15·5	277·2	„	277·4	281·3	—1·3
45	15·4	460·1	15·6	460·2	464·7	—0·9
30	„	726·1	„	726·7	730·0	+0·8
20	„	999·0	„	999·8	1000·4	+3·1
10	15·5	1466·2	„	1466·7	1466·1	+4·0
5	„	1924·0	„	1924·9	1926·8	—4·5

$$\log h + 2·5844425 . \log (2006·9072 - h)$$
$$= 10·4590334 - 0·000635588 . t.$$

Versuch VI.

Juni 1. Nullstrich neu eingestellt.

$\vartheta = 16°0$ C. $b = 74·67$ Cm. $l = 14·1$ Cm.
$\vartheta = 15°7$ C. $\beta = 16°4$ C.

h	ϑ'	t	t	t	t_m	$B-R$
95	16°0 C.	0'0	0'0	0'0	0'0	—1'2
75	„	141·5	141·3	141·0	144·1	—0·4
60	„	279·?	279·2	278·1	282·8	—0·8
45	„	462·2	461·0	461·7	466·0	—0·8
30	„	728·6	728·4	727·9	731·6	+0·9
20	„	1002·4	1001·2	1001·8	1002·3	+3·2
10	„	1469·1	1469·2	1469·8	1467·2	+2·9
5	„	1930·5	1931·8	1931·8	1930·0	—3·8

$$\log h + 2·58820247 . \log (2024·9438 - h)$$
$$= 10·4822357 - 0·000635118 . t.$$

Versuch VII.

Juni 2. Wasser zugegossen.

$\vartheta = 16°3$ C. $b = 74·88$ Cm. $l = 11·5$ Cm.
$\vartheta = 16°2$ C. $\beta = 16°9$ C.

h	ϑ'	t	t	t_m	$B-R$
95	16°3 C.	0'0	0'0	0'0	—0'4
75	„	140·6	140·8	143·6	—0·4
60	„	277·9	277·9	281·9	—1·3
45	„	461·3	461·4	465·7	—0·9
30	„	728·1	728·1	731·4	+0·6
20	„	1001·7	1001·9	1002·4	+2·9
10	„	1470·6	1470·9	1468·6	+3·4
5	„	1932·5	1932·9	1931·4	—3·8

$$\log h + 2·5896737 . \log (2029·9108 - h)$$
$$= 10·4894856 - 0·000634468 . t.$$

Versuch VIII.

Juni 3. Wasser zugegossen.

Im Mittel $\vartheta = 16°3$ C. $b = 75·0$ Cm. $l = 10·5$ Cm.
$\vartheta = 16·2$ C. $\beta = 16°9$ C.

h	ϑ'	t	ϑ'	t	t_m	$B-R$
95	16°2 C.	0'0	16°4 C.	0'0	0'0	—0'5
75	„	140·7	„	140·8	143·6	—0·0
60	16°3	277·7	„	278·0	281·9	—1·3
45	„	461·3	„	461·4	465·7	—1·0
30	„	728·1	„	728·3	731·4	+0·5
20	„	1001·6	„	1002·1	1002·4	+2·9
10	16°4	1469·8	„	1470·4	1468·6	+2·8
5	„	1930·6	„	1933·3	1931·4	—3·5

$$\log h + 2·5905342 . \log (2032·980 - h)$$
$$= 10·4941751 - 0·000634432 . t.$$

Versuch IX.

Juni 6. Wasser zugegossen.

$\vartheta = 17°9$ C. $b = 74·21$ Cm. $l = 8$ Cm.
$\vartheta' = 18°0$ C. $\beta = 18°7$ C.

h	ϑ'	t	ϑ'	t	t_m	$B-K$
95	17°8 C.	0'0	17°9 C.	0'0	0'0	—0'7
75	„	141 1	„	141·1	144·0	—0·6
60	„	278·9	„	278·8	282·9	—1·3
45	„	462·9	„	463·0	467·3	—0·9
30	„	731·0	„	731·0	734·3	+1·1
20	17·9	1006·1	„	1006·0	1005·6	+2·9
10	„	1477·8	17·8	1478·8	1473·9	+3·9
5	„	1942·3	„	1943·8	1937·3	—4·4

$$\log h + 2·5869284 . \log (2011·092 - h)$$
$$= 10·4696527 - 0·000632205 . t.$$

Versuch X.

Juni 11. Wasser zugegossen.

$\vartheta = 18°1$ C. $b = 74·44$ Cm. $l = 6$ Cm.
$\vartheta' = 18°1$ C. $\beta = 18°7$ C.

h	ϑ'	t	ϑ'	t	t_m	$B-K$
95	18°1 C.	0'0	18°0 C.	0'0	0'0	—0'3
75	„	141·5	„	141·4	144·3	—0·2
60	„	279·2	„	279·2	283·2	—1·2
45	„	463·4	„	463·1	467·7	—1·1
30	„	731·5	„	731·3	734·7	+0·4
20	18·0	1006·6	„	1006·5	1007·0	+2·6
10	„	1478·1	„	1477·9	1475·9	+3·3
5	„	1943·0	„	—	1941·7	—3·5

$$\log h + 2·5885082 . \log (2017·3261 - h)$$
$$= 10·4782413 - 0·000631003 . t.$$

Versuch XI.

Juni 15. Wasser zugegossen.

$\vartheta = 18°7$ C. $b = 74{\cdot}75$ Cm. $l = 5$ Cm.
$\vartheta' = 18°7$ C. $\beta = 20°0$ Cm.

h	ϑ'	t	t	t	t_m	$B-R$
95	18°7 C.	0'0	0'0	0'0	0'0	—0'0
75	„	141·5	141·4	141·6	144·4	—0·1
60	„	279·5	279·4	279·5	283·6	—1·0
45	„	463·8	463·9	463·8	468·2	—1·1
30	„	732·1	732·3	732·0	735·4	—0·2
20	„	1007·1	1007·2	1007·1	1007·6	+2·0
10	„	1479·2	1479·2	1479·3	1477·1	+2·7
5	„	1946·1	1946·2	1946·0	1944·8	—2·8

$$\log h + 2{\cdot}5902177 . \log (2025{\cdot}5214 - h) = 10{\cdot}4884877 - 0{\cdot}00063025 . t.$$

Versuch XII.

Juni 17. Wasser zugegossen.

$\vartheta = 19°5$ C. $b = 74{\cdot}69$ Cm. $l = 29$ Cm.
$\vartheta' = 19°6$ C. $\beta = 20°5$ C.

h	ϑ'	t	ϑ'	t	t_m	$B-R$
95	19°6 C.	0'0	19°5 C.	0'0	0'0	—0'2
75	„	142·1	„	142·0	144·9	—0·2
60	„	280·7	„	280·9	284·9	—1·0
45	„	466·0	„	466·1	470·4	—1·1
30	„	735·8	„	735·9	739·1	+0·3
20	„	1012·7	„	1012·7	1013·2	+2·5
10	„	1487·2	„	1487·1	1485·0	+3·2
5	„	1955·4	„	1955·2	1954·0	—3·4

$$\log h + 2{\cdot}5846025 . \log (2023.4424 - h) = 10{\cdot}4687322 - 0{\cdot}00062707 1 . t.$$

Versuch XIII.

Juni 18. Wasser zugegossen.

$\vartheta = 20°2$ C. $b = 74·71$ Cm. $l = 25·9$ Cm.
$\vartheta = 20°4$ C. $\beta = 21°6$ C.

h	ϑ'	t	ϑ'	t	t_m	$B-R$
95	20°3 C.	0'0	20°2 C.	0'0	0'0	—0'2
75	„	142·3	„	142·5	145·2	—0·2
60	„	281·2	„	281·1	285·2	—1·2
45	„	466·5	„	466·3	470·8	—1·3
30	„	736·7	„	736·6	739·9	+0·4
20	„	1013·7	„	1013·5	1014·1	+2·6
10	„	1488·4	„	1488·8	1486·5	+3·5
5	„	1956·7	„	1956·2	1955·1	—3·7

$$\log h + 2·5853024 . \log (2023·5810 - h)$$
$$= 10·4713274 - 0·00626725 . t.$$

Versuch XIV.

Juni 19. Wasser zugegossen.

$\vartheta = 20°8$ C. $b = 74·71$ Cm. $l = 24$ Cm.
$\vartheta = 20°8$ C. $\beta = 22°3$ C.

h	ϑ'	t	ϑ'	t	t_m	$B-R$
95	20°9 C.	0'0	20°9 C.	0'0	0'0	+0'2
75	„	142·6	„	142·4	145·4	+0·0
60	„	281·3	„	281·3	285·4	—1·2
45	„	467·0	„	466·9	471·3	—1·4
30	„	737·6	„	737·5	740·8	+0·1
20	„	1014·9	„	1015·1	1015·5	+2·3
10	„	1490·1	„	1491·4	1488·6	+3·0
5	„	1958·5	„	1962·7	1959·3	—3·1

$$\log h + 2·5856619 . \log (2023·3256 - h)$$
$$= 10·4721324 - 0·000625442 . t.$$

Versuch XV.

Juni 29. Nullstrich neu eingestellt.

$\vartheta = 22°4$ C. $b = 74·67$ Cm. $l = 17·3$ Cm.
$\dot{v} = 22°7$ C. $\beta = 23°5$ C.

h	ϑ'	t	ϑ'	t	t_m	$B-R$
95	22°4 C.	0'0	22°4 C.	0'0	0·0	+0'1
75	„	142·8	„	142·8	145·7	—0·3
60	„	282·3	„	282·2	286·3	—1·2
45	„	468·3	„	468·5	472·8	—1·2
30	„	739·4	„	739·4	742·7	—0·1
20	„	1018·3	„	1018·2	1018·7	+2·6
10	„	1495·5	„	1495·4	1493·3	+3·5
5	„	1966·2	„	1965·2	1964·4	—3·5

$$\log h + 2·5906115 . \log (2021·8032 - h)$$
$$= 10·4875821 - 0·000623656 . t.$$

Versuch XVI.

Juni 30. Wasser zugegossen.

$\vartheta = 22·9$ C. $b = 74·6$ Cm. $l = 16·5$ Cm.
$\dot{v} = 23°7$ C. $\beta = 23°9$ C.

h	ϑ'	t	ϑ'	t	t_m	$B-R$
95	22°9 C.	0'0	22°9 C.	0'0	0'0	—0'1
75	„	143·0	„	143·0	145·9	—0·3
60	„	282·5	„	282·5	286·6	—1·3
45	„	469·0	„	468·9	473·4	—1·3
30	22·8	741·0	„	740·8	743·9	+0·2
20	„	1020·0	„	1020·0	1020·0	+2·7
10	„	1500·0	22·8	1499·9	1496·0	+4·4
5	„	1970·2	„	1972·0	1965·9	—4·4

$$\log h + 2·5865948 . \log (2019·7982 - h)$$
$$= 10·4732984 - 0·000622973 . t.$$

Versuch XVII.

Juli 7. Wasser zugegossen.

$\vartheta = 24°5$ C. $b = 74·98$ Cm. $l = 8·5$ Cm.
$\vartheta = 24°5$ C. $\beta = 25°5$ C.

h	ϑ'	t	ϑ'	t	t_m	$B-R$
95	24°5 C.	0'0	24°4 C.	0'0	0'0	—0'3
75	„	143·4	„	143·3	146·2	—0·4
60	„	283·2	„	283·2	287·3	—1·2
45	„	470·0	„	469·9	474·3	—1·1
30	24·45	742·1	„	741·9	745·1	+0·4
20	„	1021·2	24·45	1021·6	1021·6	+3·1
10	„	1499·4	„	1498·9	1496·6	+3·5
5	„	1971·5	„	—	1968·2	—3·9

$$\log h + 2·59013405 . \log (2029·4632 - h)$$
$$= 10·4907061 - 0·000622544 . t.$$

Versuch XVIII.

Juli 10. Wasser zugegossen.

$\vartheta = 25°6$ C. $b = 74·71$ Cm. $l = 6·2$ Cm.
$\vartheta = 25°0$ C. $\beta = 27°7$ C.

h	ϑ'	t	ϑ'	t	t_m	$B-R$
95	25°6 C.	0'0	25°6 C.	0'0	0'0	—1'5
75	„	144·4	„	144·0	147·0	—0·8
60	„	284·5	„	284·7	288·7	—1·0
45	„	471·9	„	471·6	476·2	+0·5
30	„	744·0	„	744·0	747.3	+1·2
20	„	1022·8	„	1023·0	1023·5	+3·5
10	„	1500·9	„	1501·1	1498·9	+4·0
5	„	1970·2	25·5	1973·8	1969·1	—5·1

$$\log h + 2·5891085 . \log (2021·0814 - h)$$
$$= 10·4831848 - 0·000622168 . t.$$

Versuch XIX.

Juli 18. Wasser zugegossen.

$\vartheta = 27°0$ C. $b = 75·02$ Cm. $l = 1·5$ Cm.
$\vartheta = 26°5$ C. $\beta = 27°9$ C.

h	ϑ'	t	t_m	$B-R$
95	26°9 C.	0'0	0'0	—0'9
75	„	143·9	146·8	—0·8
60	„	284·9	289·0	—0·8
45	„	472·4	476·9	—0·4
30	„	744·9	748·2	+0·9
20	„	1023·8	1024·4	+2·5
10	„	1503·6	1501·5	+3·8
5	„	1975·1	1973·8	—4·2

$$\log h + 2·5916795 . \log (2029·6661 - h) = 10·49628974 - 0·000620859 . t.$$

Versuch XX.

Juli 24. Wasser zugegossen.

$\vartheta = 27°2$ C. $b = 74·77$ Cm. $l = 4$ Cm.
$\vartheta = 27°0$ C. $\beta = 28°5$ C.

h	ϑ'	t	ϑ'	t	t_m	$B-R$
95	27°0 C.	0'0	27°0 C.	0'0	0'0	—0'6
75	„	143·8	„	144·1	146·8	—0·6
60	„	284·4	„	284·5	288·5	—1·2
45	„	471·6	„	471·7	476·1	—1·1
30	„	744·5	„	744·6	747·8	+0·5
20	„	1024·7	„	1024·6	1025·2	+3·2
10	„	1505·5	„	1504·6	1502·9	+4·7
5	26°9	1978·6	„	1974·8	1973·5	—5·0

$$\log h + 2·5898655 . \log (2022·6832 - h) = 10·486089 - 0·000620471 . t.$$

Um eine höhere Temperatur als 27°2 C. zu erzielen, wurde das Zimmer, in welchem ich experimentirte, geheizt. Der erste

Versuch lieferte so ungenaue Zahlen, dass er als misslungen gelten musste. Beim zweiten Versuche wurde vor der Beobachtung vier volle Stunden geheizt, und es veränderte sich die Temperatur während der Beobachtung nur wenig, aber auch diesmal konnten die gewonnenen Zahlen zur Berechnung des Reibungscoëfficienten nicht verwendet werden, weil sie offenbar zu klein waren. Die dem Drucke einer Wassersäule von 5 Cm. Höhe entsprechenden Transpirationszeiten waren:

1980·0, 1977·7, 1986·0.

Wird an der letzten Zahl eine Correction wegen Temperaturveränderung des transpirirten Luftvolumens $= -7{\cdot}7$ angebracht, so ist die $h = 5$ Cm. entsprechende Zeit im Mittel $= 1978{\cdot}7$. Die Temperatur der Luft war vor der Transpiration $\vartheta = 31{\cdot}4$ C., nach der Transpiration im Mittel $\vartheta' = 31{\cdot}8$ C. Vergleicht man die für Transpirationszeit und Temperatur letztgewonnenen Zahlen mit den zusammengehörigen Zahlen der früheren Versuche, so ist es nicht zu verkennen, dass die Zunahme der Transpirationszeit viel kleiner ausgefallen ist, als man nach den früheren Versuchen zu erwarten berechtigt wäre. Die Kleinheit der gewonnenen Zahlen mag ihren Grund haben in der ungleichmässigen Erwärmung des Apparates in allen seinen Theilen oder auch darin, dass bei den letzten zwei Versuchen möglicher Weise der Apparat nicht ganz luftdicht gewesen ist.

Berechnung der Reibungsconstante.

Ehe ich zur Berechnung der Reibungsconstante übergehe, mögen hier noch einige Bemerkungen Platz finden über den Grad der Genauigkeit jener Formel, welche mit Zugrundelegung des Poisseuille'schen Gesetzes entwickelt und zur Berechnung der Constanten M und N verwendet worden ist.

Prof. Lang berechnete seine Versuche über die Einströmung von Gasen nach der Formel:

$$\log h - 0{\cdot}86858 \frac{a}{U+abs} \cdot h = M - Nt, \qquad 1.$$

$$N = 0{\cdot}43429 \frac{kbs}{U+abs},$$

welche auf der Annahme gegründet ist, dass das in einem unendlich kleinen Zeitelemente einströmende Gasvolumen dem Unterschiede des Druckes am Anfang und am Ende der Capillare direct proportional sei; somit

$$dV = k(p_1 - p_2)dt,$$

das Volumen gemessen unter dem Drucke p_1. Wird das Gas unter irgend einem anderen Drucke p gemessen, so ist sein Volumen

$$dV = k\frac{p_1}{p}(p_1 - p_2)dt \qquad 2.$$

Eine Formel von derselben Gestalt resultirt aus dem Poisseuille'schen Gesetze unter Voraussetzung einer sehr kleinen Druckdifferenz $p_1 - p_2$, welche bei den Versuchen des Prof. Lang 75 Cm. Wasser oder 5·5 Cm. Quecksilber beträgt; denn es kann das Poisseuille'sche Gesetz auch geschrieben werden:

$$dV = K\frac{p_1(p_1 - p_2)}{p}dt - \tfrac{1}{2}K\frac{(p_1 - p_2)^2}{p}dt \qquad 3.$$

Unter Voraussetzung einer sehr kleinen Druckdifferenz kann das zweite Glied vernachlässigt werden, und man erhält die Formel 1.

Daraus erhellt auch, dass die Proportionalitätsconstante k in der Formel 2 mit K im Poisseuille'schen Gesetze dieselbe Bedeutung hat, d. h.:

$$k = \frac{\pi R^4}{8\eta\lambda},$$

und dass daher auch die vom Prof. Lang berechneten Constanten N zur Ermittlung der Reibungsconstante verwendet werden können, was auch in einer Abhandlung über Transpiration der Gase von O. E. Meyer[1] bereits geschehen ist.

Um die Frage zu beantworten, welche von beiden Formeln mit der Beobachtung besser stimmt, berechnete ich meine Versuche auch nach der Formel 1. Die Rechnung ergab für die Con-

[1] Pogg. Ann. Bd. 148. p. 554.

stante N Werthe, die von den bereits oben angegebenen nur wenig differiren, und in den nachfolgenden Columnen zusammengestellt sind.

	N	
	Nach Meyer.	Nach Lang.
1.	0·000635210	0·000626288
2.	638260	629260
3.	637748	628757
4.	636867	627886
5.	635588	626605
6.	0·000635118	0·000626202
7.	634468	625580
8.	634432	625549
9.	632205	622160
10.	631003	622114
11.	0·000630250	0·000622361
12.	627071	618309
13.	626725	617937
14.	625442	616690
15.	623656	614135
16.	0·000622973	0·000613121
17.	622544	613835
18.	622168	613343
19.	620859	612162
20.	620471	611760

Ich berechnete ferner für jeden Versuch $B-R$, d, h. den Unterschied zwischen Beobachtung und Rechnung und fand als arithmetisches Mittel der gewonnenen Zahlen:

Nach Meyer $B-R$		Nach Lang $B-R$	
−0·5	+0·6	−6·4	+4·8
−0·4	+2·9	−2·3	+6·6
−1·2	+3·6	−0·3	+4·0
−1·0	−4·0	+2·0	−8·4

woraus sich die entsprechenden Summen der Fehlerquadrate:

$$40{\cdot}58 \text{ und } 203{\cdot}5,$$

und die Werthe der wahrscheinlichen Fehler:

$$r = 1{\cdot}4 \text{ und } 3{\cdot}9$$

ergaben. Es kann somit kein Zweifel darüber obwalten, dass die mit Zugrundelegung des Poisseuille'schen Gesetzes entwickelte Formel genauere Resultate liefern wird.

Aus den in der ersten Columne zusammengestellten Werthen der Constante N lässt sich nun mittelst der Formel

$$\eta = 0{\cdot}43429 \frac{\pi R^4}{8\lambda N} \cdot \frac{gbs}{U + abs}$$

die Reibungsconstante für die beobachteten Temperaturen berechnen.

Unter Berücksichtigung der entsprechenden Correctionen wegen Temperaturänderung bei der Länge der Röhre

$$\lambda = 155{\cdot}76 \text{ Cm.}$$

und ihrem Halbmesser

$$R = 0{\cdot}0197353 \text{ Cm.}$$

und unter Annahme einer Beschleunigung der Schwere von 980·9 Cm. in einer Zeitsekunde fand ich aus der ersten Reihe der Constante N die entsprechenden Werthe von η, wie sie in der nachfolgenden Tabelle zusammengestellt sind.

In der ersten Columne stehen die Ordnungszahlen der Versuche, in der zweiten die beobachteten Temperaturen der transpirirenden Luft, und in der dritten die entsprechenden Reibungsconstanten.

Versuch	ϑ	η
2	13°4 C.	0·00018445
3	14·7 „	18469
4	14·8 „	18494
1	15·0 „	18526
5	15·5 „	18524

Versuch	ϑ	η
6.	16°0 C.	0·00018557
7.	16·3 „	18587
8.	16·3 „	18588
9.	17·9 „	18637
10.	18·1 „	18681
11.	18·7 „	0·00018713
12.	19·5 „	18778
13.	20·2 „	18792
14.	20·8 „	18833
15.	22·4 „	18913
16.	22·9 „	0·00018913
17.	24·5 „	18945
18.	25·6 „	18951
19.	27·0 „	19005
20.	27·2 „	19007

Berechnet man diese Versuche mittelst der Methode der kleinsten Quadrate nach der Formel:

$$\eta = A + B\vartheta,$$

so erhält man für die Constante:

$$A = 0{\cdot}00017889,$$

mit dem wahrscheinlichen Fehler:

$$R = \pm 0{\cdot}00000027,$$

und den Grenzen dieses Fehlers:

$$R_1 = 0{\cdot}00000024,$$
$$R_2 = 0{\cdot}00000030,$$

ferner für die Constante

$$B = 0{\cdot}00000042799,$$

mit dem Fehler:

$$R' = \pm 0{\cdot}000000001368,$$

und den Fehlergrenzen:

$$R'_1 = 0{\cdot}00000001215,$$
$$R'_2 = 0{\cdot}00000001522.$$

Da mir die aus den Versuchen 5 und 16 für η gewonnenen Zahlen weniger zuverlässig zu sein schienen, weil sich beim ersteren die Temperatur ziemlich stark veränderte, und beim letzteren die Temperatur des Wassers in der Wanne fast um einen Grad höher war als die der einströmenden Luft, so habe ich dieselben zur Berechnung der Constanten A und B nicht verwendet.

Mit Hilfe dieser Constanten erhält man nun die nachfolgende Tabelle:

Versuch	ϑ	η Beobachtet	η Berechnet	B—R
2.	13°4 C.	0·00018445	0·00018463	—18
3.	14·7 „	18469	18519	—50
4.	14·8 „	18494	18524	—30
1.	15·0 „	18526	18531	—05
6.	16·0 „	18557	18574	—17
7.	16·3 „	0·00018587	0·00018587	—00
8.	16·3 „	18588	18587	+01
9.	17·9 „	18637	18656	—19
10.	18·1 „	18681	18664	+17
11.	18·7 „	18713	18690	+23
12.	19·5 „	0·00018778	0·00018724	+54
13.	20·2 „	18792	18754	+38
14.	20·8 „	18833	18780	+53
15.	22·4 „	18913	18848	+65
17.	24·5 „	18945	18938	+07
18.	25·6 „	0·00018951	0·00018985	—34
19.	27·0 „	19005	19045	—40
20.	27·2 „	19007	19054	—47

Theoretische Betrachtungen führen bekanntlich auf die Formel:

$$\eta = \eta_0(1+\alpha\vartheta)^{\frac{1}{2}},$$

wo $\alpha = 0{\cdot}003665$ den Ausdehnungscoëfficienten der Luft bedeutet. Setzt man

$$\begin{aligned}\eta &= \eta_0(1+\alpha\vartheta)^n \\ &= \eta_0+\eta_0\alpha n\vartheta,\end{aligned}$$

so wird

$$A = \eta_0,\ B = \eta_0\alpha n,$$

und hieraus

$$n = \frac{B}{\alpha A}.$$

Aus den obigen Werthen der Constanten erhält man somit

$$n = 0{\cdot}652776$$

mit dem wahrscheinlichen Fehler

$$R_n = \pm 0{\cdot}020893,$$

und den Fehlergrenzen

$$0{\cdot}018544,$$
$$0{\cdot}023242.$$

Man bleibt somit innerhalb der Fehlergrenzen, wenn man setzt:

$$n = \frac{2}{3} \text{ und } \eta = \eta_0(1+\alpha\vartheta)^{\frac{2}{3}}.$$

Eine zweite Berechnung meiner Versuche nach der Formel:

$$\log\eta = a+b.\log(1+\alpha\vartheta),$$

wo

$$a = \log\eta_0,\ b = n$$

ist, lieferte den Werth der Constante

$$a = 0{\cdot}2523024-4,$$

mit dem wahrscheinlichen Fehler

$$R = \pm 0{\cdot}00063977-4,$$

d den Fehlergrenzen

$$R_1 = 0{\cdot}00056785 - 4,$$
$$R_2 = 0{\cdot}00071169 - 4;$$

d die Constante b oder

$$n = 0{\cdot}6706822$$

it dem wahrscheinlichen Fehler

$$R' \pm 0{\cdot}0210563,$$

d seinen Grenzen

$$R'_1 = 0{\cdot}0186892,$$
$$R'_2 = 0{\cdot}0234233.$$

an erhält ferner aus $a = \log \eta_0$

$$\eta_0 = 0{\cdot}00017877,$$

d mittelst der Constanten η_0 und n den Unterschied zwischen eobachtung und Rechnung, der vom obigen wenig verschieden ist.

	B—R	
η	I	II
0·00018445	—18	—17
18469	—50	—49
18494	—30	—28
18526	—05	—05
18557	—17	—17
0·00018587	00	00
18588	+01	+01
18637	—19	—19
18681	+17	+17
18713	+23	+23
0·00018778	+54	+54
18792	+38	+37
18833	+53	+53
18913	+65	+64
18945	+07	+06
0.00018951	34	—34
19005	40	—40
19007	47	—47

Aus meinen Versuchen ergibt sich somit das Gesetz der Abhängigkeit der Reibungsconstante der Luft von der Temperatur

$$\eta = \eta_0(1+\alpha\vartheta)^{\frac{3}{4}},$$

welches dem theoretischen

$$\eta = \eta_0(1+\alpha\vartheta)^{\frac{1}{2}}$$

näher liegt, als die älteren Bestimmungen

von Maxwell..... $\eta = \eta_0(1+\alpha\vartheta)$, und

von O. Meyer .... $\eta = \eta_0(1+\alpha\vartheta)^{\frac{5}{4}}$.

Was den absoluten Werth der Reibungsconstante betrifft, so zeigt sich eine sehr befriedigende Übereinstimmung mit älteren Bestimmungen aus Versuchen, welche Maxwell und Meyer nach verschiedenen Methoden ausgeführt haben. Da es hauptsächlich der Zweck meiner Arbeit war, die Reibungsconstante als Function der Temperatur zu bestimmen, so will ich auch für den oben angegebenen absoluten Werth der Constante keine grosse Genauigkeit beanspruchen. Um denselben mit älteren Bestimmungen zu vergleichen, mögen im Folgenden noch einige der zuverlässigsten Angaben der absoluten Werthe Platz finden.

O. E. Meyer[1] fand aus einem Transpirationsversuche Graham's für 15°5 C.

$$\eta = 0{\cdot}000178,$$

oder mittelst $n = 0{\cdot}652776$ auf 0° reducirt,

$$\eta_0 = 0{\cdot}000171,$$

und aus eigenen Transpirationsversuchen, die er nach zwei verschiedenen Methoden mit grosser Umsicht und Genauigkeit ausführte:

nach der ersten Methode: $\eta_0 = 0{\cdot}000171$,
" " " " $\eta_0 = 0{\cdot}000174$,
" " " " $\eta_0 = 0{\cdot}000170$;
" " zweiten " $\eta_0 = 0{\cdot}000174$.

[1] Pogg. Ann. Bd. 148. p. 214, 220.

Maxwell berechnete aus Versuchen, die er mit oscillirenden Scheiben ausführte, einen etwas zu grossen Werth:

$$\eta_0 = 0{\cdot}0001878.$$

O. E. Meyer[1] suchte den Fehler dieser Bestimmung in der unifilaren Aufhängung des Apparates und fand aus den bei bifilarer Aufhängung ausgeführten Versuchen

$$\text{für } 17°5\text{ C. } \eta_t = 0{\cdot}000197,$$
$$\text{„ } 25°\text{ C. } \eta_t = 0{\cdot}000190,$$

oder auf 0° reducirt,

$$\eta_0 = 0{\cdot}000189,$$
$$\eta_0 = 0{\cdot}000179.$$

Eine andere von O. E. Meyer[2] ausgeführte Beobachtung der schwingenden Messingscheiben ergab

$$\eta_0 = 0{\cdot}000186,$$

und die der schwingenden Pendelkugel[3]

$$\eta_0 = 0{\cdot}000184.$$

Es ist nicht zu verkennen, dass unter den aus Transpirationsversuchen gewonnenen absoluten Werthen der Reibungsconstante eine sehr befriedigende Übereinstimmung herrscht. Die unbedeutende Abweichung der aus Scheiben- und Pendelversuchen erhaltenen Bestimmungen mag ihren Grund haben in der angenäherten Integration der für diese Art von Versuchen aufgestellten Differentialgleichungen als auch in der Vernachlässigung nöthiger Correctionen.

Wien, im Jänner 1874.

[1] Pogg. Ann. Bd. 143. 1871 p. 24.
[2] Pogg. Ann. Bd. 148. 1871. p. 226.
[3] Pogg. Ann. Bd. 127. 1866. p. 365.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE CLASSE.

LXIX. Band.

ZWEITE ABTHEILUNG.

3.

Enthält die Abhandlungen aus dem Gebiete der Mathematik, Physik, Chemie, Mechanik, Meteorologie und Astronomie.

VII. SITZUNG VOM 12. MÄRZ 1874.

Herr K. Puschl, Capitular des Benedictinerstiftes Seitenstetten, übersendet eine Abhandlung: „Über Körperwärme und Ätherdichte".

Herr Hofrath Dr. E. v. Brücke überreicht eine „Vorläufige Mittheilung über die Quelle der Magensaftsäure", vom Herrn Prof. R. Maly in Innsbruck.

Herr Regierungsrath Dr. Th. v. Oppolzer übergibt eine Abhandlung, betitelt: „Das Schaltbrett der österreichischen Gradmessung".

Herr Prof. Dr. Jos. Boehm legt eine Abhandlung: „Über die Stärkebildung in den Keimblättern der Kresse, des Rettigs und des Leins" vor.

Herr Dr. H. Streintz übergibt eine Abhandlung: „Über die Dämpfung der Torsionsschwingungen von Drähten".

Herr Custos Dr. A. Schrauf überreicht eine von ihm, gemeinschaftlich mit Herrn Edw. Dana ausgeführte Arbeit, betitelt: „Notiz über die thermoëlektrischen Eigenschaften von Mineralvarietäten".

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Accademia Pontificia de' nuovi Lincei: Atti. Anno XXVII, Sess. 1ª. Roma, 1874; 4°.

Akademie der Wissenschaften, Königl. Preuss., zu Berlin: Monatsbericht. December 1873. Berlin, 1874; 8°.

American Academy of Arts & Sciences: Memoirs. N. S. Vol. IX, Part 2. Cambridge, 1873; 4° — . Proceedings. Vol. VIII, Sign. 52—63. 8°.

— Chemist. Vol. IV, Nr. 8. Philadelphia, 1874; 4°.

Annales des mines. VIIe Série. Tome IV. 4e Livraison de 1873. Paris; 8°.

Apotheker-Verein, allgem. österr.: Zeitschrift (nebst Anzeigen-Blatt). 12. Jahrgang, Nr. 7—8. Wien, 1874; 8°.

Astronomische Nachrichten. Nr. 1976—1977. (Bd. 83. 8—9.) Kiel, 1874; 4°.

Boston Society of Natural History: Memoirs. Vol. II. Part. II, Nrs. 2—3. Boston, 1872—1873; 4°. — Proceedings. Vol. XIV, Sign. 15—27; Vol. XV. Parts 1—2. Boston, 1872—1873; 8°.

California Academy of Sciences: Proceedings. Vol. V, Part. 1. 1873. San Francisco; 8°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Tome LXXVIII, Nrs. 7—8. Paris, 1874; 4°.

Essex Institute: Bulletin. Vol. IV, Nrs. 1—12. Salem, 1872; 8°.

Gesellschaft der Wissenschaften, kgl. böhmische, in Prag: Sitzungsberichte. Jahrgang 1873. Nr. 8. Prag; 8°.

— k. k. mähr.-schles., zur Beförderung des Ackerbaues, der Natur und Landeskunde in Brünn: Mittheilungen. 1873. LIII. Jahrgang. Brünn; 4°.

— k. k. zoologisch-botanische, in Wien: Verhandlungen. Jahrgang 1873. XXIII. Band. Wien; 8°.

— österr., für Meteorologie: Zeitschrift. IX. Band, Nr. 5. Wien, 1874; 4°.

— k. k., der Ärzte: Medizinische Jahrbücher. Redigirt von S. Stricker. Jahrgang 1874. 1. Heft. Wien; 8°.

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Wochenschrift. XXXV. Jahrgang. Nr. 9—10. Wien, 1874; 4°.

Halle, Universität: Akademische Gelegenheitsschriften aus dem Jahre 1873. 4° & 8°.

Isis: Sitzungsberichte. Jahrgang 1873, Nr. 4—12. Dresden, 1874; 8°.

Jahresbericht über die Fortschritte der Thierchemie. Herausgegeben von Richard Maly. II. Band. Für das Jahr 1872. Wien, 1874; 8°.

Journal für praktische Chemie, von H. Kolbe. N. F. Band IX, 1. Heft. Leipzig, 1874; 8°.

Küstenkarten des Adriatischen Meeres. Nr. 16—23, 27—30. Folio.

Landbote, Der steirische: 7. Jahrgang, Nr. 5. Graz, 1874; 4°.

Mittheilungen des k. k. techn. & administrat. Militär-Comité. Jahrgang 1874, 2. Heft. Wien; 8°.

Moniteur scientifique du D^teur^ Quesneville. 387e Livraison. Paris, 1874; 4°.

Nachrichten über Industrie, Handel und Verkehr aus dem statistischen Departement im k. k. Handels-Ministerium. IV. Band, 1. Heft. Wien, 1874; 4°.

Nature. Nrs. 223—227, Vol. IX. London, 1874; 4°.

Osservatorio del R. Collegio Carlo Alberto in Moncalieri: Bullettino meteorologico. Vol. VIII, Nr. 8. Torino, 1874; 4°.

Reichsanstalt, k. k. geologische: Verhandlungen. Jahrgang 1874, Nr. 3. Wien; 4°.

„**Revue** politique et littéraire" et „Revue scientifique de la France et de l'étranger". IIIe Année, 2me Série, Nrs. 35—36. Paris, 1874; 4°.

Società degli Spettroscopisti Italiani: Memorie. 1873. Disp. 12^a^. Palermo; 4°.

Societas Entomologica Rossica: Horae. T. IX. Nr. 3—4. Petropoli, 1873; 8°.

Société Entomologique de Belgique: Annales. Tome XVIe. Bruxelles, Paris, Dresde, 1873; 8°.

Wiener Medizin. Wochenschrift. XXIV. Jahrgang, Nr. 9—10. Wien, 1874; 4°.

Wisconsin Academy of Sciences, Arts, and Letters: Transactions. 1870—2. Madison, Wis., 1872; 8°.

Wolf, Rudolf, Astronomische Mittheilungen. XXXIV. December 1873. 8.

Zeitschrift des österr. Ingenieur- & Architekten-Vereins. XXVI. Jahrgang. 3.—4. Heft. Wien, 1874; 4°.

Über Körperwärme und Ätherdichte.

Von **Carl Puschl,**
Capitular des Benedictiner-Stiftes Seitenstetten.

Nach der gewöhnlichen Vorstellung vom Wesen der einem Körper innewohnenden Wärme besteht diese in einer Bewegung seiner ponderablen Atome. Das Volumen eines jeden Körpers umfasst zwar auch eine gewisse, die relativ grossen Räume zwischen den Atomen erfüllende Äthermenge; den derselben möglicherweise eigenthümlichen Bewegungszustand aber und die ihr dabei zukommende Summe lebendiger Kräfte ignorirt die gegenwärtige Wärmetheorie vollständig. Die Ursache dieser Vernachlässigung ist die verschwindend kleine Dichte, welche man jenem universellen Stoffe beilegen zu müssen glaubt. Es scheint mir jedoch, dass die Gründe, welche man sonst zu Gunsten dieser Meinung anführte, keine entscheidende Beweiskraft besitzen. Mit der Wage die Dichte des Äthers zu finden, d. h. sie aus dem Gewichte eines unter verschiedenen Bedingungen abgewogenen Körpers zu berechnen, kann man deswegen nicht hoffen, weil die einen Körper ausmachenden Atome in keinem Falle anders, als in dem überall gleich dichten Medium schwimmend und darin nur mehr oder weniger weit von einander entfernt, gewogen werden können; ganz abgesehen davon, dass dasselbe wahrscheinlich von der Schwerkraft gar nicht afficirt wird[1].

[1] Es könnte nämlich sein, dass die Gravitationskraft der wägbaren Materie durch den Äther (als eine vollkommen diabare Substanz) hindurch blos fortgepflanzt wird, ohne sonst eine Wirkung auf ihn auszuüben, etwa wie das Licht durch einen vollkommen durchsichtigen Körper geht, ohne ihn zu erleuchten, oder strahlende Wärme durch einen diather manen Körper, ohne ihn zu erwärmen. Die Körper absorbiren vermuthlich einen Theil der Schwerkraft, welche durch sie hindurchwirkt. Wenn dem so ist, dann wird ein Körper auf der Oberfläche der Erde von den entfernteren Theilen ihrer Masse etwas weniger stark angezogen werden, als die

Den Hauptgrund für die Annahme einer äusserst geringen Ätherdichte liefert ohne Zweifel die astronomische Erfahrung, derzufolge der Lauf der Planeten um die Sonne noch nicht die mindeste Andeutung eines von ihnen dabei zu überwindenden Widerstandes gegeben hat. Ich glaube aber, dass diese allerdings auffallende Thatsache bei dem gegenwärtigen Stande des physikalischen Wissens nicht nothwendig zu jener bisher daraus gezogenen Folgerung führt. Das Phänomen der Aberration des Lichtes kann nämlich nach der Undulationstheorie nur unter der Annahme begriffen werden, dass der Äther des von der Erde durchstrichenen Raumes bei deren Bewegung in Ruhe bleibe; ein bewegter Weltkörper theilt also dem auf seinem Wege befindlichen Äther nichts von seiner Geschwindigkeit mit, er verliert daher durch ihn nichts von seiner Geschwindigkeit, d. h. er erfährt keinen Widerstand. Die Dichte des Äthers kommt dabei, wie man sieht, nicht in Frage. In Wirklichkeit wird eine gewisse, wenngleich als zu unbedeutend sich der optischen Wahrnehmung entziehende Mitbewegung des Lichtmediums durch die bewegte Erde (und ebenso durch andere Planeten) wohl stattfinden; ist aber das auf solche Weise fortgetriebene Volumen dieses Stoffes, nach der Aberration des Lichtes zu schliessen, in der That nur sehr unbedeutend, so kann die Dichte desselben immerhin einen beträchtlichen Werth haben, ohne dass der aus jener Mitbewegung erwachsende Widerstand eine nachweisbare Grösse erreicht. Obwohl also die Dichte des Äthers gegen jene der gewöhnlichen Körper wirklich sehr klein sein mag, ist sie vielleicht doch nicht dermassen klein, um Sicherheit zu geben, dass man bei Berechnung der Wärmemenge, welche ein Körper enthält, von jeder gleichzeitig darin anzunehmenden Bewegung jenes mit erstaunlichen Eigenschaften begabten Stoffes von vornherein absehen dürfe.

Theorie fordert, und aus diesem Grunde wird die Gesammtanziehung der Erde auf denselben für eine mässige Erhebung von ihrer Oberfläche etwas mehr abnehmen, als es nach der Theorie der Fall sein sollte. Die englischen Pendelbeobachtungen auf Gebirgshöhen in Ostindien haben ein Resultat dieser Art wirklich ergeben, was indessen Airy durch die Annahme erklärt, der Erdkörper habe unter einem Berge eine kleinere Dichte als anderswo in gleicher Entfernung von seinem Mittelpunkte.

In einer früheren Abhandlung[1] habe ich versucht, einige das thermische Verhalten der Körper betreffende Thatsachen aus der ihrem Wärmezustande entsprechenden Bewegung des Äthers zu erklären. Der dortige Gedankengang möge in etwas veränderter Form hier kurz folgen.

Eine beiderseits offene Röhre, deren Wandung für die Wärme undurchdringlich sei, enthalte einen cylinderförmigen Körper, in welchen auf jeder Seite beständig Wärmestrahlen von constanter Intensität eintreten, während zugleich auf jeder Seite Wärmestrahlen von gleicher Intensität aus ihm austreten. Der Körper hat dann eine stationäre Temperatur, deren Mass nur die Intensität der ein- und austretenden Wärmestrahlen sein kann. Wir wollen uns nun vorstellen, die Atome des Körpers seien unbeweglich und nur fähig, von den auf ihre Oberflächen treffenden Strahlen einen Theil zurückzuwerfen und den anderen Theil durch sich hindurchzulassen, d. h. durch ihre eigene Substanz hindurch fortzupflanzen. Jede in den gedachten Körper eintretende Strahlenmenge wird dann bei ihrer Fortpflanzung in demselben an den getroffenen Atomen zahllose partielle Reflexionen erfahren und eine durch den Körper gegangene Strahlenmenge wird das Volumen desselben nur auf unendlich langen Umwegen durchmessen haben.

Unter solchen Umständen muss dieser Körper eine gewisse, blos durch Reflexionen angesammelte Strahlenmenge in seinem Volumen enthalten. Die Ansammlung oder Verdichtung der eingetretenen Strahlen wird offenbar desto grösser sein, je grösser der Betrag ist, den eine eintretende Strahlenmenge durch Reflexionen auf einer bestimmten sehr kleinen Wegstrecke erfährt. Setzen wir den Querschnitt des Körpers $= 1$ und denken wir uns denselben aus parallelen Schichten bestehend, deren Dicke die mittlere Atomdistanz ρ sei, so enthält jede solche Elementarschicht $\frac{1}{\rho^2}$ Atome, und wenn ε die als kugelförmig angenommene Oberfläche eines Atoms und daher $\frac{\varepsilon}{4}$ den centralen Querschnitt

[1] Sitzungsberichte der k. Akademie der Wissenschaften. Juni 1870.

eines solchen bedeutet, so ist $\frac{\varepsilon}{4\rho^2}$ die reflectirende Fläche einer jeden Schicht. Es sei nun β der Reflexionscoëfficient der Atome, so wird jede Elementarschicht von der Einheit der auf sie treffenden Strahlen einen Betrag $= \frac{\beta\varepsilon}{4\rho^2}$ auffangen, und da auf die Längeneinheit $\frac{1}{\rho}$ solche Schichten kommen, so wird der auf einer sehr kleinen Strecke aufgefangene Theil jedes Strahles und folglich auch die im ganzen Körper herrschende Strahlenverdichtung mit dem Ausdrucke

$$\frac{\beta\varepsilon}{4\rho^3}$$

proportional sein. Bedeutet daher i die Intensität oder Dichte der in den Körper eintretenden und I diejenige der im Körper angesammelten Strahlen, so haben wir nach dem Gesagten:

$$\frac{I}{i} = \frac{H\beta\varepsilon}{\rho^3}, \tag{1}$$

wo H einen gewissen bei derselben Längeneinheit constanten und für alle Körper gleichen Factor vorstellt.

Wie schon oben bemerkt wurde, kann als Mass der Temperatur des gedachten Körpers nur die Intensität der ein- und austretenden Strahlen dienen. Nennen wir seine absolute Temperatur t, so ist demnach die Intensität i jener Strahlen proportional mit der im Körper herrschenden Temperatur t, und wir können auch setzen:

$$I = \frac{h\beta\varepsilon t}{\rho^3}, \tag{2}$$

wo h eine neue, bei denselben Masseinheiten für alle Körper gleiche Constante ist.

Die Atome eines Körpers erfüllen mit ihrer Substanz, wie es scheint, immer nur einen sehr kleinen Theil des von jenem eingenommenen Raumes und man kann somit das Volumen der Äthermenge, welche ein Körper enthält, als mit dessen eigenem Volumen zusammenfallend ansehen.

Hat nun jener cylindrische Körper (bei einem Querschnitte = 1) die Länge s, so ist s zugleich der Ausdruck für sein Volumen und also auch der Ausdruck für das Volumen des darin enthaltenen Äthers; es sei ferner w die in diesem Äther angesammelte Strahlenmenge, so ist, indem dieselbe nach dem Vorigen überall eine Dichte $= I$ hat,

$$w = Is$$

oder, wenn wir hier statt I den aus der Gleichung (2) folgenden Werth setzen:

$$w = \frac{h\beta\varepsilon st}{\rho^3}. \tag{3}$$

Enthält das Volumen s eine Körpermasse $= 1$ und bedeutet m die Masse eines Atoms, so ist:

$$\frac{s}{\rho^3} = \frac{1}{m}$$

und wir erhalten, wenn wir diesen Werth von $\frac{s}{\rho^3}$ in der vorigen Gleichung einsetzen:

$$w = \frac{h\beta\varepsilon t}{m}. \tag{4}$$

Diese blos durch Reflexionen in dem gedachten Körper angesammelte Strahlenmenge macht, da wir seine Atome als unbewegt angenommen haben, schon die ganze darin vorhandene Wärme aus. In Wirklichkeit werden die nur partiell diathermanen Atome bei der Bewegung des Äthers nicht in Ruhe bleiben; sie können nämlich aus dessen Bewegungszustande selbst eine gewisse lebendige Kraft absorbiren und als selbständig schwingende Massen auf den Äther zurückwirken, d. h. die absorbirte Wärme auch wieder ausstrahlen. Da bei dieser Verwandlung lebendiger Kräfte des Äthers in solche der Atome die Schwingungsperioden des ersteren nicht nothwendig erhalten bleiben, so können die in einen Körper eintretenden Strahlen nach und nach durch Erzeugung von Atombewegung und durch Wiederausstrahlung in andere Strahlengattungen umgewandelt werden, so dass möglicherweise die schliesslich aus dem Körper

austretenden Strahlengattungen von den in ihn eingetretenen völlig verschieden sein können. Es bedeute nun z jene Strahlenmenge, welche in dem vorhin gedachten Körper verwendet werden muss, um bei der nämlichen Temperatur die derselben entsprechende Bewegung seiner Atome zu erzeugen und in Gang zu erhalten, so ist die ganze bei der Temperatur t in ihm vorhandene Wärme

$$w = \frac{h\beta\varepsilon t}{m} + z, \tag{5}$$

welche er demnach, ohne Veränderung seines Volumens und seiner Struktur bis zum absoluten Nullpunkte der Temperatur erkaltend, entlassen würde.

Ich betrachte den hypothetischen Zustand eines Körpers mit unbeweglichen Atomen als den ideellen Zustand eines starren Körpers, welchem die wirklichen Körper in der starren Aggregatform nur mehr oder weniger nahe kommen. Dieses angenommen, haben wir mit entsprechender Annäherung auch für die Wärmemenge der Masseneinheit eines wirklichen festen Körpers den Ausdruck:

$$w = \frac{h\beta\varepsilon t}{m} \tag{6}$$

und es ist mit ähnlicher Annäherung die specifische Wärme desselben:

$$c = \frac{h\beta\varepsilon}{m}. \tag{7}$$

Der Formel (6) zufolge ist die Wärmemenge, welche ein fester Körper bei gegebener Temperatur enthält, ausser von der Oberfläche und der Masse seiner Atome noch von der Opacität für die zwischen ihnen reflectirten Strahlengattungen abhängig. Für ihre eigene Strahlung scheinen aber die Atome der Körper im Allgemeinen nahe vollkommen opak zu sein. Setzen wir demgemäss in jener Formel den Reflexions- oder Opacitätscoëfficienten $\beta = 1$, so wird für einen solchen Körper bei der Temperatur t

$$w = \frac{h\varepsilon t}{m}. \tag{8}$$

Für einen zweiten Körper dieser Art sei ε' die Oberfläche und m' die Masse eines Atoms, so ist bei derselben Temperatur die bezügliche Wärmemenge

$$w' = \frac{h\varepsilon' t}{m'}. \tag{9}$$

Wir haben demnach die Proportion:

$$w : w' = \frac{\varepsilon}{m} : \frac{\varepsilon'}{m'}; \tag{10}$$

d. h. die in gleichen Gewichten beider Körper vorhandenen Wärmemengen (oder ihre specifischen Wärmen) stehen im geraden Verhältnisse der Oberflächen und im verkehrten Verhältnisse der Gewichte der bezüglichen Atome.

Nehmen wir von beiden Körpern solche Gewichtsmengen a und a', dass in jeder die Summe der Atomoberflächen die nämliche sei, und es bedeute ν die Anzahl der Atome in der Gewichtsmenge a und ν' die Anzahl der Atome in der Gewichtsmenge a', so ist

$$a : a' = \nu m : \nu' m'$$

oder, weil die Summe der Atomoberflächen in beiden Gewichtsmengen die nämliche sein soll und somit die Bedingung

$$\nu\varepsilon = \nu'\varepsilon'$$

erfüllt werden muss:

$$a : a' = \frac{m}{\varepsilon} : \frac{m'}{\varepsilon'}. \tag{11}$$

Aus den beiden Proportionen (10) und (11) folgt:

$$w : w' = \frac{1}{a} : \frac{1}{a'} \tag{11}$$

oder

$$aw = a'w';$$

d. h. die Wärmemengen gleicher Gewichte beider Körper stehen im umgekehrten Verhältnisse von Gewichtsmengen mit gleich viel Atomoberfläche, mit anderen Worten: Atommengen mit gleicher Flächensumme enthalten bei derselben

Temperatur gleich viel Wärme (sind thermisch äqui-valent).

In der That sind es die chemischen Äquivalentgewichte, welchen die einfachen festen Körper der Proportion (12) entsprechen; es folgt hieraus der Satz: Die chemischen Äquivalentgewichte sind keine relativen Atomgewichte, sondern Gewichtsmengen mit gleich viel Atomoberfläche. Da hienach die chemische Äquivalenz zweier Gewichtsmengen verschiedener Stoffe auf der Gleichheit der Flächensumme der darin vorhandenen Atome (d. h. auf der Gleichheit der in beiden Gewichtsmengen dem Äther dargebotenen Berührungsfläche) beruht, so scheint es, dass die chemischen Kräfte der Atome eine Flächenwirkung derselben und dass sie entweder etwas der Wärmestrahlung der Atome ähnliches oder mit dieser selbst identisch sind. Dass chemische Wirkungen durch Wärmestrahlen ausgeübt werden, steht fest, und durch eine allerdings gewagte Induction könnte man schliessen, dass alle chemischen Veränderungen der Körper durch Wärmestrahlen erzeugt oder veranlasst sind.

Unter der Annahme also, dass die chemischen Äquivalentgewichte Atommengen mit gleich viel Oberfläche enthalten, spricht die Proportion (12) für die Grundstoffe das Gesetz von Dulong und Petit aus[1]. Diesem Gesetze genügen vorzüglich die Metalle. Nach unserer Hypothese müssen also die Atome derselben nur eine relativ geringe lebendige Kraft besitzen und für die bei gewöhnlicher Temperatur vorkommenden Wärmegattungen nahezu gleich opak sein. Weniger gut entsprechen dem erwähnten Gesetze, indem ihre specifische Wärme zu klein ist, Schwefel und Phosphor; völlig anomal durch die Kleinheit ihrer specifischen Wärme verhalten sich Silicium, Bor und besonders der Kohlenstoff. Letzteren betreffend, habe ich in einer Notiz, welche ich vor kurzem der kais. Akademie zu übersenden die Ehre hatte, die bemerkenswerthe Thatsache hervorgehoben, dass berusstes Steinsalz von der Wärme desto besser durchstrahlt wird, je niedriger die Temperatur ihrer Quelle ist. Es scheint

[1] Weitere Folgerungen enthält ein von mir im Jahre 1868 unter dem Titel „Das Strahlungsvermögen der Atome" publicirter Versuch.

sonach, dass der Kohlenstoff für jene Wärmestrahlen, welche die Körper bei niedriger Temperatur aussenden, in besonderem Grade transparent ist, dass aber seine Transparenz für die Wärme bei steigender Temperatur ihrer Quelle abnimmt; und dieses würde nach unserer Hypothese sowohl den auffallend kleinen Werth seiner specifischen Wärme bei niedriger Temperatur, als auch die Zunahme derselben bei steigender Temperatur genügend erklären können.

Wenn diese Erklärung des anomalen Verhaltens der specifischen Wärme des Kohlenstoffes richtig ist, wird man erwarten dürfen, dass andere Körper, deren Transparenz für die Wärme mit der Temperatur ihrer Quelle zunimmt, im Gegentheile eine Abnahme ihrer specifischen Wärme bei steigender Temperatur zeigen werden, insoweit diese Abnahme nicht etwa durch eine gleichzeitig aus anderen Gründen erfolgende Zunahme derselben verdeckt würde. Das Steinsalz, welches für die Wärmestrahlen verschiedener Quellen selbst von mässig hohen Temperaturen so vorzüglich diatherman ist, dürfte die meiste Wahrscheinlichkeit für sich haben, ein solcher Körper zu sein. Überhaupt muss nach unserer Hypothese, der Formel (7) entsprechend, ein Zusammenhang zwischen der Grösse der specifischen Wärme und dem Grade der thermischen Opacität oder Transparenz der Körper bestehen, dessen Vorhandensein sich dem experimentellen Nachweise wohl nicht entziehen wird.

Wenn nach dem Vorigen die Wärme eines Körpers ihrem weit überwiegenden Theile nach in lebendiger Kraft des Äthers und zwar in transversaler Vibrationsbewegung desselben besteht, so ist damit ein Mittel zur Bezeichnung einer unteren Grenze für die Dichte jenes Stoffes gegeben. Es möge hier zu diesem Zwecke das Wasser dienen, dessen specifische Wärme dem erweiterten Gesetze von Dulong und Petit genügt und dadurch zu erkennen gibt, dass die lebendige Kraft der Atombewegung in dieser Flüssigkeit nur einen relativ geringen Betrag erreicht.

Entspricht dem Gefrierpunkte des Wassers eine absolute Temperatur $= 273°$ C. und bedeutet A das mechanische Äquivalent der gewöhnlichen Wärmeeinheit, so enthält 1 Kilogramm Wasser eine im mechanischen Masse ausgedrückte Wärmemenge $= 273\,A$. Es sei nun γ^2 das maximale Quadrat der Vibrationsgeschwindig-

keit des Äthers im Wasser bei jener Temperatur und μ die Masse desselben in 1 Kilogramm Wasser, so haben wir unserer Hypothese gemäss

$$\frac{\mu\gamma^2}{2} = 273\,A.$$

Die Äthermasse μ nimmt sehr nahe das gleiche Volumen ein wie 1 Kilogramm Wasser, dessen Masse (unter g die Beschleunigung der Schwerkraft verstanden) gleich $\frac{1}{g}$ ist; die Dichten dieser zwei Stoffe verhalten sich demnach wie jene Massen und wir haben, wenn die Dichte des Äthers $= \delta$ und diejenige des Wassers $= 1$ ist:

$$\delta = g\mu = \frac{546gA}{\gamma^2}$$

und somit, wenn wir $g = 9{\cdot}8$ Meter und $A = 433$ Kilogramm — Meter setzen:

$$\delta = \frac{2316000}{\gamma^2}.$$

Transversale Schwingungen des Äthers sind nur annehmbar, so lange die Vibrationsgeschwindigkeit noch weit unter der Fortpflanzungsgeschwindigkeit dieser Bewegungsart bleibt; wir werden daher anstatt γ in der vorigen Gleichung die Geschwindigkeit des Lichtes im Äther $=$ 294 Millionen Meter setzend, jedenfalls einen zu kleinen Werth für die Dichte dieses Stoffes erhalten. Es ist dann nach ausgeführter Rechnung:

$$\delta > 26.10^{-12};$$

d. h. die Dichte des Äthers beträgt jedenfalls mehr als 26 Billiontel der Dichte des Wassers. Weil die Schwingungsgeschwindigkeit des Äthers im gedachten Falle gewiss weit unter der hier dafür angenommenen Grenze bleibt, kann man die Dichte desselben vielleicht nicht sehr tief unter 1 Milliontel von jener des Wassers schätzen; was allerdings weit mehr wäre, als man gewöhnlich dafür anzunehmen geneigt ist.

VIII. SITZUNG VOM 19. MÄRZ 1874.

Der Präsident gibt Nachricht von dem am 14. März zu Hannover erfolgten Ableben des ausländischen correspond. Mitgliedes, des Herrn Dr. Johann Heinrich von Mädler, kais. russ. wirkl. Staatsrathes, emerit. Professors und Directors der Sternwarte zu Dorpat.

Sämmtliche Anwesende geben ihr Beileid durch Erheben von den Sitzen kund.

Der Secretär legt folgende eingesendete Abhandlungen vor:

„Zur Lehre vom Lichtsinne. IV. Mittheilung: Über die sogenannte Intensität der Lichtempfindung und über die Empfindung des Schwarzen", vom Herrn Prof. Dr. Ew. Hering in Prag.

„Über den Gleichgewichtssinn". III. Mittheilung, vom Herrn Regierungsrathe Dr. E. Mach in Prag.

„Beitrag zur Kenntniss der Versteinerungen aus dem Kohlengebirge Ober-Schlesiens", vom Herrn Dr. Ottokar Feistmantel, Assistenten am mineralogischen Museum der Universität Breslau.

„Über die Bessel'schen Functionen", vom Herrn Leop. Gegenbauer d. Z. in Berlin.

Herr Dr. A. Boué theilt den Inhalt seiner Abhandlung mit: „Über den Begriff und die Bestandtheile einer Gebirgskette, insbesondere über die sogenannten Urketten, sowie über die Vergleichung der Gebirgs-Systeme der Erd- und Mond-Oberfläche."

Herr Dr. Kratschmer überreicht eine Abhandlung: „Weitere Versuche betreffs der Behandlung des *Diabetes mellitus*".

Herr Prof. Dr. S. Schenk legt eine Abhandlung: „Der Dotterstrang der Plagiostomen" vor.

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Archiv der Mathematik und Physik. Gegründet von J. A. Grunert, fortgesetzt von R. Hoppe. LVI. Theil, 1. Heft. Leipzig, 1874; 8°.

Astronomische Nachrichten. Nr. 1978 (Bd. 83. 10.). Kiel, 1874; 4°.

Bibliothèque Universelle et Revue Suisse: Archives des Sciences physiques et naturelles. N. P. Tome XLIX. Nr. 194. Genève, Lausanne, Paris, 1874; 8°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Tome LXXVIII, Nr. 9. Paris, 1874; 4°.

Erlangen, Universität: Akademische Gelegenheitsschriften aus dem Jahre 1873. 4° & 8°.

Gasthuis, Nederlandsch, voor Ooglijders: XIV^de^ jaarlijksch Verslag. Utrecht, 1873; 8°.

Gesellschaft, k. k. geographische, in Wien: Mittheilungen. Band XVII (neuer Folge VII) Nr. 2. Wien, 1874; 8°.

— physikal.-medicin., in Würzburg: Verhandlungen. N. F. V. Band, 4. (Schluss-)Heft. Würzburg, 1874; 8°.

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Wochenschrift. XXXV. Jahrgang, Nr. 11. Wien, 1874; 4°.

Henwood, William Jory, Observations on the Detrital Tin-Ore of Cornwall. Truro, 1873; 8°.

Institut, geodätisches: Publicationen. Beobachtungen mit dem Bessel'schen Pendel-Apparate in Königsberg und Güldenstein. Von C. F. W. Peters. Hamburg, 1874; 4°.

Jahrbuch, Neues, für Pharmacie & verwandte Fächer, von Vorwerk. Band XL, 4., 5. & 6. Heft. Speyer, 1873; 8°.

Journal für praktische Chemie, von H. Kolbe. N. F. Band IX, 2. & 3. Heft. Leipzig, 1874; 8°.

Maschek, Luigi, Manuale del Regno di Dalmazia, per l'anno 1874. Anno IV. Zara, 1874; 8°.

Nature. Nr. 228, Vol. IX. London, 1874; 4°.

Nedswetzky, Eduard, Zur Mikrographie der Cholera. Dorpat, 1874; 8°.

North Church and Society: The first Centenary of the, — in Salem, Massachusetts. Salem, 1873; 8°.

Reichsanstalt, k. k. geologische: Verhandlungen. Jahrgang 1874. Nr. 4. Wien; 4°.

„Revue politique et littéraire“ et „Revue scientifique de la France et de l'étranger“. IIIe Année, 2me Série, Nr. 37. Paris, 1874; 4°.

Ross, Alexander Milton, The Butterflies and Moths of Canada. Toronto, 1873; kl. 8°.

Secchi, P. Angelo, Sulla distribuzione delle protuberanze intorno al disco solare e loro relazione colle macchie. VII^a—XI^a Communicazione. Roma 1872—1874; 4°. — Note spettroscopiche sul sole e gli altri corpi celesti. Roma, 1872; 8°.

Società degli Spettroscopisti Italiani: Memorie. 1874, Disp. 1^a. Palermo; 4°.

Société littéraire, scientifique et artistique d'Apt: Mémoires. N. S. faisant suite aux Annales. Tome Ier Nr. 1. Apt, 1874; 8°.

Verein, naturwissenschaftlicher, in Carlsruhe: Verhandlungen. VI. Heft. Carlsruhe, 1873; 8°.

Viale-Prelà, Cav. Benedetto, Sulla causa del diluvio universale. Roma; 8°.

Wiener Medizin. Wochenschrift. XXIV. Jahrgang, Nr. 11. Wien, 1874; 4°.

Über die Dämpfung der Torsionsschwingungen von Drähten.

Von Dr. **Heinrich Streintz** in Wien.

(Vorgelegt in der Sitzung am 12. März 1874.)

I. Einleitung.

Als ich im vergangenen Jahre die Veränderungen untersuchte, welche die Elasticität von Metalldrähten durch einen durch den Draht geleiteten galvanischen Strom erfährt (Über die Änderungen der Elasticität und der Länge eines vom galvanischen Strome durchflossenen Drahtes. Sitzber. d. Wien. Akad. d. Wissensch. Bd. LXVII, Abth. II. 1873), benützte ich zur Bestimmung der Elasticität die Methode der Torsionsschwingungen.

Da bei genauen Messungen die gefundene Schwingungsdauer noch in Bezug auf die Dämpfung corrigirt werden muss, so bestimmte ich zu jeder Schwingungsdauer auch die zugehörige Dämpfung. Diese Correctur fiel zwar so klein aus, dass ich sie vernachlässigen konnte, allein ich wurde bei dieser Gelegenheit auf einen Umstand aufmerksam, den ich nirgends erwähnt fand, nämlich, dass die Dämpfung der Schwingungen mit der Temperatur bedeutend zunimmt.

Bei den damaligen Versuchen trug der Teller, auf den die schwingenden Gewichte aufgesetzt waren, eine vertical nach abwärts gerichtete Stahlspitze, welche in ein Quecksilbernäpfchen tauchte, wodurch die galvanische Verbindung hergestellt wurde. Da sich beim Erwärmen der Draht ausdehnte, so rückte die Stahlspitze tiefer in das Quecksilber hinein, und es wäre denkbar gewesen, dass die dadurch vermehrte Reibung zwischen der Stahlspitze und dem Quecksilber die Ursache der grösseren Dämpfung sei. Ich beschloss daher, diese mir neue Erscheinung für sich und auf eine Weise zu untersuchen, bei welcher jenes Bedenken nicht auftreten kann.

Meine Versuche sind wieder im physikalischen Institute der Wiener Universität ausgeführt, dessen Director, Prof. Dr. J. Stefan, mir wieder bereitwilligst und meine Arbeiten auf jede Weise fördernd entgegenkam, wofür ich demselben meinen besten Dank ausspreche.

Schon Gauss und Weber haben gefunden, dass bei Torsionsschwingungen der früher genannten Art, die aufeinander folgenden Amplitüden eine convergirende geometrische Reihe bilden, so lange dieselben eine gewisse Grenze nicht überschreiten; man nennt dann den natürlichen Logarithmus des Exponenten dieser geometrischen Reihe das logarithmische Dekrement der Schwingungsbögen.

Es seien φ_1, φ_2, φ_3 drei aufeinander folgende Schwingungsbögen, so dass also φ_1 und φ_3 in gleichem Bewegungssinne durchstrichen werden; dann nenne ich im folgenden immer den natürlichen Logarithmus des Quotienten

$$\frac{\varphi_1}{\varphi_3} = \frac{\varphi_{2n+1}}{\varphi_{2n+3}} = e^L,$$

also L das logarithmische Dekrement.

Die Erscheinung, dass die Schwingungsbögen successive kleiner werden, nennt man bekanntlich die Dämpfung der Schwingungen. Die Ursache derselben liegt theilweise in dem Widerstande, welchen die Luft der Bewegung des Gewichtes bereitet, theilweise aber im Drahte selbst, indem die Verdrehung desselben ebenfalls der Bewegung einen Widerstand entgegensetzt. Dieser zuletzt genannte Theil war bei meinen Versuchen der weitaus überwiegende, und ich werde den Theil der Dämpfung, der seine Ursache im Drahte selbst hat, kurzweg als die innere Dämpfung des Metalles bezeichnen.

Bevor ich zur Beschreibung der einzelnen Versuche übergehe, scheint es mir zweckmässig, in wenigen Worten die Resultate derselben zu anticipiren, da ich die verschiedenen Partien der ganzen Untersuchung nicht vollständig von einander zu trennen vermag.

Diese Resultate sind folgende: das logarithmische Dekrement ist bei der inneren Dämpfung unabhängig von der Schwin-

gungsweite, unabhängig von der Spannung des Drahtes, ferner unabhängig von der Schwingungsdauer, wenn die Änderung derselben durch Änderung des Trägheitsmomentes bewerkstelligt wird; endlich ist dasselbe unabhängig von der Länge und vielleicht auch vom Durchmesser des Drahtes, wenn man das Drehmoment entsprechend der Längenänderung sich verändern lässt. Dagegen ist dasselbe für verschiedene Metalle verschieden und auch für ein und dasselbe Metall sehr verschieden, je nachdem der Draht unausgeglüht oder ausgeglüht ist, und zwar ist es im ersteren Falle grösser als im letzteren. Ferner ist das logarithmische Dekrement um so kleiner, je mehr Schwingungen der Draht bereits ausgeführt hat, und nähert sich bei dieser Abnahme einer gewissen Grenze. Diese Erscheinung werde ich mit dem Worte Accommodation der Drähte bezeichnen. Endlich ist dasselbe bei höherer Temperatur viel grösser als bei niederer, so dass man versucht ist, die Temperatur als die einzige Ursache der Dämpfung zu betrachten.

Was die Literatur dieses Gegenstandes betrifft, so weiss ich nur zwei Abhandlungen zu nennen, die wesentlich Bezug haben, nämlich: „Warburg, Über die Dämpfung der Töne fester Körper durch innere Widerstände", Monatsber. der kgl. preuss. Akad. d. Wissensch. 1869, und „Kohlrausch, Beiträge zur Kenntniss der elastischen Nachwirkung", Pogg. Ann. CXXVIII 1, 207 und 399.

II. Temperatur und logarithmisches Dekrement.

Die meisten Schwierigkeiten bot die Bestimmung der Abhängigkeit des L von der Temperatur.

Zur Erwärmung des Drahtes benützte ich denselben Apparat, der im vergangenen Jahre zum gleichen Zwecke gedient hatte. Derselbe besteht aus einem System von drei auf einem Holzkasten concentrisch befestigten Glasröhren, deren innerste durch einen Messingkopf, an welchem der zu untersuchende Draht aufgehängt wird, oben vollständig geschlossen ist, so dass auch bei einer Erwärmung kein Luftzug entstehen kann. In die Räume zwischen der inneren und mittleren, dieser und der äus-

seren Röhre wurde eine erwärmte Flüssigkeit eingefüllt. Da es sich diesmal darum handelte, den innersten Raum, in welchem der Draht spielte, auf etwa 100° zu erwärmen, so wählte ich zur erwärmenden Flüssigkeit eine bei der Zimmertemperatur gesättigte Lösung von Chlorcalcium. Eine solche Lösung lässt sich bis gegen 120° C. erwärmen und bietet gegenüber Öl oder Glycerin manche Vortheile.

Die beiden äusseren, für die Flüssigkeit bestimmten Räume schloss ich nach unten vollständig ab, damit kein Durchsickern der Flüssigkeit stattfinden konnte, und füllte dieselben abwechselnd mit immer heisserer Flüssigkeit (die kühlere wurde vor jeder neuen Füllung durch einen langen Glasheber weggeleitet), bis endlich die Temperatur in beiden Röhren bereits über 100° gestiegen war.

Der Kopf, welcher den innersten Raum gegen oben abschloss, trug nach abwärts gerichtet einen Eisenstab, an welchen der zum Versuch bestimmte Draht angelöthet wurde. Ebenso war unten der Draht an einen Eisenstab von etwa 3 Mm. Durchmesser angelöthet, an welchen wieder unten ein Messingteller angeschraubt wurde, auf welchen die spannenden Bleigewichte in Form von cylindrischen Scheiben aufgesetzt wurden. Die Länge des Drahtes wurde so gewählt, dass derselbe sowohl oben als unten einige Centimeter von den Enden des erwärmten Raumes abstand, so dass man annehmen konnte, derselbe besitze seiner ganzen Länge nach ein und dieselbe Temperatur. In der zu Beginn citirten Abhandlung ist in Fig. 1 der beschriebene Apparat abgebildet.

Der den Messingteller tragende, aus dem erwärmten Raume unten herausragende Eisenstab trug auch einen Spiegel, der im Verein mit Skala und Fernrohr zur Bestimmung der Schwingungsamplituden diente. Um die Abkühlung zu verzögern, war die äussere Röhre mit einer dicken Lage von Werg umwickelt.

Ich machte nun zuerst bei der Zimmertemperatur eine Beobachtung, dann erwärmte ich den Draht bis gegen 100° und beobachtete wieder; hierauf kühlte ich die Flüssigkeit künstlich um mehrere Grade ab, wartete, bis die hiedurch entstandenen Temperaturdifferenzen sich ausgeglichen hatten, und machte abermals eine Beobachtung u. s. w.

Um die jedesmalige Temperatur des Drahtes zu bestimmen, wäre vielleicht das einfachste gewesen, in den Raum, in welchem der Draht hang, Thermometer einzuführen, doch schien mir die folgende Methode besser und bequemer.

Ich brachte den in meiner vorjährigen Abhandlung unter Fig. 2 gezeichneten Apparat in Anwendung. Derselbe besteht aus einer dicken, vertical aufgestellten Glassäule, welche zwei solide horizontale Messingarme trägt. An jedem dieser Arme befindet sich ein in verticaler Ebene drehbarer Hebel, der senkrecht zu sich selbst einen kleinen Spiegel so befestigt trägt, dass die Verlängerung der Drehaxe in die Ebene des Spiegels fällt. Der obere der beiden Hebel trägt auf dem einen Ende eine nach abwärts gerichtete Stahlspitze, der untere am selben Ende eine nach aufwärts gerichtete solche Spitze. Es ist ferner die Einrichtung getroffen, dass beim oberen Hebel das Ende, welches die Stahlspitze trägt, das schwerere ist, während beim unteren Hebel dieses Ende das leichtere ist.

Diese beiden Stahlspitzen können nun an die Endflächen eines vertical aufgestellten Stabes angelegt werden, und sobald die Länge des Stabes sich ändert, werden dadurch die Hebel um ihre Axen gedreht, welche Drehung vermöge des angebrachten Spiegels mit Fernrohr und Skala abgelesen werden kann.

Diesen Apparat benützte ich zur Temperaturbestimmung in der Weise, dass ich mit demselben die Verlängerung des Drahtes bestimmte und daraus die Temperaturdifferenz rechnete. Zur Temperaturberechnung verwendete ich die Wärmeausdehnungscoëfficienten, welche sich aus meinen im vergangenen Jahre an solchen gespannten Drähten angestellten Messungen ergeben hatten. Der obere Hebel wurde dabei auf den Kopf aufgesetzt, an welchem der Draht aufgehängt war, der untere an die untere Fläche des die Gewichte tragenden Messingtellers. Da hiebei die Verlängerung gemessen wurde, welche das gesammte System, bestehend aus dem obersten Messingkopfe, aus dem zu beobachtenden Drahte, und aus den beiden Eisenstäben, zwischen welchen der Draht eingelöthet war, erfährt, so musste die Ausdehnung für jedes dieser Stücke gesondert gerechnet werden und bezüglich der Temperatur der nahe bei den Enden des Erwärmungsapparates befindlichen Theile gewisse Annahmen

gemacht werden, jedoch war der Spielraum für diese Annahmen ein kleiner, so dass die Temperaturberechnung für den vorliegenden Zweck hinlänglich genau ausfiel. Dabei hatte sie aber den grossen Vortheil, für jeden Moment der Beobachtung die wahre Temperatur des Drahtes direct zu geben, während ein Quecksilberthermometer langsamer als der Draht die Temperatur der Luft annimmt.

Ich schlug nun bei jeder Beobachtung folgenden Weg ein: Zuerst las ich die Stände der beiden Spiegel des Längenmessapparates ab, bestimmte also die Temperatur des Drahtes; hiebei drückte, wie schon erwähnt, der untere Hebel leise an die untere Fläche des Messingtellers, welches die Gewichte trug. Hierauf brachte ich den Fühlhebel in eine solche Lage, dass er den Messingteller nicht berührte, versetzte den Draht in Schwingungen von etwa 4—5 Graden und las 20—40 Ausschläge ab; dann bestimmte ich die Schwingungsdauer bis auf Zehntel einer Sekunde genau, mass hierauf abermals die Ausschlagswinkel, und nachdem ich endlich das Gewicht zur Ruhe gebracht und unten wieder den Fühlhebel angesetzt hatte, bestimmte ich schliesslich nochmals die Temperatur.

Es waren zu dieser Beobachtung also drei Fernröhre nothwendig: das eine, welches zur Ablesung der Amplitüden diente, trug eine horizontale Skala, die anderen beiden zur Temperaturbestimmung nothwendigen, trugen verticale Skalen.

Von den zwei Werthen des L, welches die zwei Beobachtungen vor und nach Bestimmung der Schwingungsdauer lieferten, nahm ich das Mittel, ebenso nahm ich aus den beiden für die Temperatur erhaltenen Werthen das Mittel.

Die Beobachtungen sind in der Reihenfolge gemacht, in der sie sich in der Tabelle angegeben finden.

Die Gewichte hatten, wie bereits erwähnt, die Form von Scheiben, so dass die Reibung an der Luft eine sehr geringe war; ich konnte mich von diesem Umstande im Laufe der Beobachtungen mehrmals überzeugen, und werde auch gelegentlich darauf hinweisen.

Unter p ist die gesammte Belastung in Kilogrammen verstanden, welche also aus den scheibenförmigen Bleigewichten, deren jedes 1 Kgr. wog, ferner dem Messingteller, der Eisen-

stange und dem Spiegel bestand, welche Stücke zusammen 147 Grm. wogen; das Trägheitsmoment eines der Bleigewichte war 8340 Gr. Cm^2, und das der übrigen Theile zusammen 834 Gr. Cm^2. l bedeutet die Länge des Drahtes in Centimetern, d den Durchmesser in Millimetern, t ist die Temperatur in Cels.-Graden, τ die Schwingungsdauer in Sekunden, nämlich die Zeit, welche das Gewicht braucht, um zwei aufeinanderfolgende Amplituden von entgegengesetztem Sinne zu durchlaufen.

Man hat für die Luftdämpfung gefunden, dass dieselbe genügend erklärt wird, wenn man einen Widerstand voraussetzt, welcher der Geschwindigkeit der Bewegung proportional wirkt; unter dieser Voraussetzung setzt sich L aus zwei Factoren zusammen, nämlich $L = \varepsilon\tau$, wobei ε eine Grösse ist, die für jeden Versuch constant, hingegen bei zwei verschiedenen Versuchen verkehrt proportional der Zeit ist, welche verstreicht, bis eine gewisse Amplitude φ auf einen Werth $\frac{\varphi}{n}$ gekommen ist. Man kann deshalb ε als ein Mass der Dämpfung bezeichnen, und es würde sich für den Fall der Luftreibung empfehlen, diese Grösse ε als abhängige Veränderliche von der Temperatur t hinzustellen.

Da aber die innere Metalldämpfung anderen Gesetzen als die Luftdämpfung folgt, wie sich später zeigen wird, und die Grösse L sowohl von Spannung, Trägheitsmoment, Länge und vielleicht auch Durchmesser unabhängig ist, so empfiehlt es sich, die Grösse L selbst als die von t abhängige Variable darzustellen.

1. Messingdraht, hart. $l = 51{\cdot}0$, $d = 0{\cdot}512$, $p = 2{\cdot}147$.

Nr.	t	L	τ	L'
1	20·0	0·00345	—	—
2	87·6	0·01235	14·13	0·01241
3	74·3	0·00864	14·08	0·00867
4	63·9	0·00684	14·03	0·00658
5	48·8	0·00458	13·96	0·00446
6	29·6	0·00231	13·88	0·00279
7	14·0	0·00194	13·84	0·00197.

Zwischen der Beobachtung 1 und 2 verfloss ein Zeitraum von einigen Stunden, da das Erwärmen längere Zeit in Anspruch nahm; die Beobachtungen 2 — 6 wurden dann in

Zwischenzeiten von etwa $^1/_2$ Stunde ausgeführt, die Beobachtung 7 hingegen erst den nachfolgenden Tag.

Man sieht, dass zufolge des ganzen Processes, welchen der Draht von der Beobachtung 1, bis zur Beobachtung 7 durchzumachen hatte, L auch bleibend abgenommen hat. Es hat dasselbe gegen Ende der Versuchsreihe bei 29° schon einen kleineren Werth, als früher bei 20°. Diese Erscheinung ist eine Folge der Eigenschaft des Drahtes, die ich im I. Abschnitte als Accommodation bezeichnet habe und die wir im Folgenden immer wieder finden werden. Wahrscheinlich ist zufolge des Temperaturwechsels, welchen der Draht durchzumachen hatte, die Accommodation noch grösser ausgefallen, als sie ohne jene Erwärmung ausgefallen wäre. Es ist daher die Differenz zwischen L_1 und L_2 zu klein, hingegen die zwischen L_3 und L_7 zu gross.

Man kann trotzdem versuchen die Reihe L durch eine Gleichung mit der Reihe t zu verbinden, und dies um so eher, als es wahrscheinlich ist, dass der grösste Theil der Accommodation beim Erwärmen stattgefunden hat, und deshalb beim Abkühlen die gefundenen Werthe den wahren ziemlich nahe kommen. Ich habe deshalb der Rechnung auch nur die Beobachtungen 2—7 zu Grunde gelegt, und unter Voraussetzung der Gleichung

$$L = \alpha + \beta e^{\gamma t}$$

für die Constanten folgende Werthe erhalten

$$\alpha = 0{\cdot}00048$$
$$\beta = 0{\cdot}00100$$
$$\gamma = 0{\cdot}02829$$

dieselben sind nach kleinsten Quadraten berechnet, und unter L' finden sich die nach dieser Formel berechneten Werthe von L in der Tabelle angeführt.

Unter α wird man sich den Theil des logarithmischen Dekrementes zu denken haben, der von der Luftdämpfung herrührt, da dieser unabhängig von der Temperatur sein muss, nachdem die schwingenden Gewichte sich ausserhalb des erwärmten Raumes befanden.

Für die Metalldämpfung bleibt der zweite Theil, woraus folgen würde, dass erst für $t = -\infty$ die Metalldämpfung 0 ist.

Ich habe versucht, die Beobachtungen durch eine Parabelgleichung darzustellen, es gelang dies aber nicht im entferntesten, während unter Zugrundelegung der Exponentialgleichung die Übereinstimmung zwischen den beobachteten und gerechneten Werthen eine vorzügliche zu nennen ist, was sich besonders bei einer graphischen Darstellung erkennen lässt.

Ich habe bei keinem der später untersuchten Drähte eine so rasche Zunahme des L mit der Temperatur gefunden, wie beim harten Messingdrahte. Es ist bei diesem das L bei 87°6 mehr als 6mal so gross, als bei 14°. Die Schwingungsamplituden werden daher dort 6mal so rasch von einem Werthe φ zu einem Werthe $\frac{\varphi}{n}$ reducirt werden, als bei 14°.

2. Silberdraht, hart. $l = 50{\cdot}9$, $d = 0{\cdot}391$, $p = 1{\cdot}147$.

Nr.	t	L	τ
1	20·5	0·01190	11·47
2	80·5	0·03782	11·70
3	66·1	0·02407	11·62
4	57·5	0·01825	11·53
5	52·3	0·01725	11·51
6	46·8	0·01466	11·47
7	42·4	0·01400	11·41
8	35·9	0·01438	11·39
9	24·2	0·01274	11·31
10	18·5	0·00867	11·22.

Auch beim Silber ist die Zunahme des L mit der Temperatur sehr bedeutend, hingegen sind die bleibenden Veränderungen zufolge der Accommodation ziemlich gering.

Die Beobachtung 10 ist wieder erst am nächstfolgenden Tage gemacht, es verstrich also zwischen der Beobachtung 9 und 10 ein Zeitraum von etwa 12 Stunden, während welcher Zeit der Draht sich nie in vollständiger Ruhe befand, und deshalb verminderte sich das L um mehr, als das Sinken der Temperatur allein verursacht hätte.

Ich habe auch bei diesem Drahte versucht, die Beobachtungen durch die frühere Formel darzustellen, doch ist mir dies

nicht genügend gelungen; noch viel weniger aber passte eine Parabelgleichung.

Bei der Beobachtung 7 oder 8 scheint eine Störung aufgetreten zu sein, deren Ursache mir nicht bekannt ist.

3. Eisendraht, weich. $l = 51 \cdot 9$, $d = 0 \cdot 629$, $p = 3 \cdot 147$.

Nr.	t	L	τ
1	20·5	0·00652	7·23
2	99·8	0·00511	7·33
3	79·9	0·00329	7·32
4	66·8	0·00412	7·30
5	59·8	0·00334	7·28
6	50·1	0·00437	7·25
7	39·1	0·00433	7·23
8	20·5	0·00362	7·20.

Diese Tabelle lässt gar keine Abhängigkeit von der Temperatur erkennen, es folgen nicht einmal die Werthe von L in regelmässiger Weise aufeinander. Das einzige, was sich auch aus dieser Tabelle constatiren lässt, ist die Accommodation, und von dieser scheint auch die Abhängigkeit von der Temperatur vollständig in den Schatten gestellt zu werden.

4. Platindraht, hart. $l = 51 \cdot 2$, $d = 0 \cdot 511$, $p = 2 \cdot 147$.

Nr.	t	L	τ
1	19·5	0·00224	8·76
2	98·0	0·00177	8·77
3	85·2	0·00130	8·77
4	69·0	0·00119	8·77
5	41·3	0·00099	8·74
6	22·2	0·00078	8·73.

Auch beim Platindrahte ist die Accommodation so bedeutend, dass eine Abhängigkeit von der Temperatur gar nicht bemerkt werden kann. Bei der ersten und sechsten Beobachtung ist die Temperatur ziemlich die gleiche, L_6 ist jedoch ungefähr nur $^1/_3$ von L_1.

Es hat allen Anschein, dass die Abhängigkeit des L von der Temperatur wesentlich mit der Lage des Schmelzpunktes zu-

zusammenhängt, und deshalb beim Eisen und Platin diese Abhängigkeit so gering ist, dass sie gar nicht bemerkt werden kann.

5. **Kupferdraht, weich,** $l = 5{\cdot}30$, $d = 0{\cdot}507$, $p = 2{\cdot}147$.

Nr.	t	L	τ
1	18·3	0·00289	8·41
2	87·8	0·00316	8·50
3	76·0	0·00258	8·46
4	58·2	0·00205	8·43
5	49·0	0·00173	8·42
6	26·0	0·00156	8·37
7	20·1	0·00144	8·38.

Bei diesem Drahte erkennt man deutlich den Einfluss der Temperatur, doch tritt die Accommodation auch wieder sehr störend auf.

6. **Messingdraht, weich.** $l = 53{\cdot}0$, $d = 0{\cdot}512$ $p = 1{\cdot}147$

Nr.	t	L	τ
1	20·4	0·00059	8·18
2	98·0	0·00119	8·29
3	84·9	0·00093	8·26
4	49·2	0·00076	8·21
5	19·0	0·00059	8·15

Bei diesem Drahte zeigt sich gar keine Accommodation, was wohl davon herrührt, dass dieser Draht vor Beginn dieser Beobachtungsreihe längere Zeit Schwingungen ausgeführt hatte. Ich hatte nämlich zuerst die Belastung $p = 2{\cdot}147$ genommen; da sich aber dabei der Draht fortwährend verlängerte, so nahm ich die geringere Belastung und begann neuerdings mit den Beobachtungen.

Die Abhängigkeit von der Temperatur ist ziemlich bedeutend, jedoch nicht so gross, als beim harten Messingdrahte.

Die Beobachtung 5 ist noch am selben Tage, nach einem gleichen Zeitintervalle, wie bei den übrigen Beobachtungen, ausgeführt.

Es hätten sich vielleicht für diesen Draht die Beobachtungen durch eine Gleichung darstellen lassen; leider habe ich aber nur bei vier verschiedenen Temperaturen beobachtet, so dass bei der

drei Constante enthaltenden Gleichung nur eine einzige Controlrechnung wäre möglich gewesen, was zu wenig ist, um auf den Werth der Curvendarstellung einen Schluss ziehen zu können.

Aus der grossen Abhängigkeit des L von der Temperatur, wie sie sich bei den Messingdrähten, beim Silber- und beim Kupferdrahte gezeigt hat, folgt noch, dass der Antheil, welchen die Luftreibung an dem L hat, ein sehr geringer sein muss. Aus der Rechnung für den harten Messingdraht würde der kleine Werth $\alpha = 0{\cdot}00048$, also ungefähr $^1/_7$ des Werthes von dem L der Zimmertemperatur folgen.

Für den weichen Messingdraht, bei welchem allerdings andere Verhältnisse, nämlich eine geringere Belastung und eine kleinere Schwingungsdauer waren, muss der absolute Werth der Luftreibung noch viel kleiner sein, da ja die Curve, welche L in seiner Abhängigkeit von t bildet, sehr steil abfällt.

Ein Vergleich unter den Werthen des L bei verschiedenen Metallen ist eigentlich nicht statthaft, da für jede Temperatur das Resultat eines solchen Vergleiches ein verschiedenes wäre; so ist bei der Zimmertemperatur das L des Eisens grösser als das des harten Messings, während jede höhere Temperatur das Gegentheil aufweist.

Die das L bestimmende Ursache ist nicht die Substanz des Drahtes, sondern der Zustand der Substanz, nämlich die Temperatur, die Accommodation und die Härte.

III. L bei verschiedenen Amplitüden.

Obgleich die Unabhängigkeit des logarithmischen Dekrementes von der Amplitüde auch bei der inneren Dämpfung gewöhnlich als eine ausgemachte Thatsache betrachtet wird, so ist dieselbe bei genauerer Betrachtung doch nicht so unmittelbar ersichtlich.

Ich habe zu diesen Versuchen eine ausgeglühte englische Claviersaite von den Dimensionen $l = 59{\cdot}6$, $d = 0{\cdot}633$ verwendet. Die Belastung bestand ausser aus den früher erwähnten Stücken, noch aus einem anderen Stücke.

Um nämlich bei den spätern Versuchen die Schwingungsdauer beliebig reguliren zu können, ohne die Belastung zu verändern, liess ich folgende Vorrichtung anfertigen. Ein Balken

aus Messing, ungefähr 20 Ctm. lang, war von seiner Mitte aus gegen die beiden Enden hin als Schraube geschnitten, und zwar so, dass die Schraubengänge von der Mitte aus symmetrisch sich entfernten. Auf diese Schrauben passten zwei cylindrische Bleigewichte, welche ihrer Axe nach durchbohrt, und daselbst mit den entsprechenden Muttergängen versehen waren, so dass diese zwei Laufgewichte durch eine Drehung um den gleichen Winkel auch um gleichviel der Mitte des Messingträgers genähert oder von derselben entfernt wurden. In der Mitte war der Träger senkrecht zu seiner Richtung durchbohrt, und konnte durch diese Bohrung vermittelst einer Schraube unterhalb des Spiegels an der Eisenstange, welche die übrigen Gewichte trug, festgeklemmt werden. Durch Verschieben der beiden Laufgewichte konnte nun das Trägheitsmoment, ohne dass die Spannung verändert wurde, vergrössert oder verkleinert werden. Allerdings wurde die Luftdämpfung zufolge der beiden cylindrischen Bleigewichte, welche wie ein paar Flügel wirkten, ziemlich bedeutend, doch konnte ich in den meisten Fällen den Versuch so einrichten, dass der von der Luftdämpfung herrührende Theil des L für die ganze Versuchsreihe constant blieb, somit der Einblick in die Veränderungen der inneren Metalldämpfung nicht gestört wurde.

Bei den diesmaligen Versuchen waren auch die Laufgewichte aufgesetzt, sie blieben jedoch für die ganze Versuchsreihe in derselben Entfernung, auch war das Trägheitsmoment fortwährend das gleiche, so dass der von der Luftdämpfung herrührende Theil des L immer der gleiche war.

Das Gewicht eines jeden der beiden Laufgewichte war 430 Grm., das des Messingträgers 95 Grm., die ganze Belastung bei dieser Versuchsreihe $p = 4 \cdot 102$ Kgrm.

Der Grund, warum ich diesmal die Laufgewichte verwendete, lag darin, dass ich den Versuch, betreffend die Constanz des L bei den verschiedenen Amplitüden, bei dem dicksten der von mir verwendeten Drähten anstellen wollte, da dies Gesetz dann gewiss auch für die dünneren Drähte gilt, während umgekehrt dieser Schluss nicht erlaubt wäre. Um aber die Schwingungen so langsam zu erhalten, dass eine genaue Ablesung der Amplitüden möglich war, musste ich ein grosses Trägheitsmoment verwenden.

In der folgenden Tabelle sind nicht die Ausschlagwinkel angegeben, sondern die Ablesungen an der Scala in Centimetern; es entspricht einer Ablesung von 10 Ctm. beiläufig ein Winkel von 50 Min. Die Schwingungsdauer betrug $\tau = 13 \cdot 9$ Sek. Jeder Werth des L ist aus beiläufig zehn aufeinander folgenden gleichgerichteten Schwingungsbögen gerechnet.

Amplitüden	L
47·83	0·00629
44·92	0·00617
41·97	0·00619
39·45	0·00589.

Das Gewicht wurde wieder in grössere Schwingungen versetzt.

Amplitüden	L
47.49	0·00610
44·93	0·00601
42·31	0·00585
39·91	0·00566

Der Draht blieb nun durch 36 Stunden unter der oben angegebenen Belastung hängen, während welcher Zeit er nur die kleinen Schwingungen ausführte, die durch das Vorbeifahren der Wagen erregt wurden, Schwingungen von ungefähr 2—3 Min.

Als der Draht hierauf wieder in grössere Schwingungen versetzt wurde, ergab sich

Amplitüden	L
43·50	0·00566
40·60	0·00511
38·22	0·00545
35·80	0·00516
26·42	0·00484
24·93	0·00481
19·56	0·00461
18·68	0·00497
13·75	0·00477
13·11	0·00421
11·36	0·00433
10·88	0·00403.

Bis hierher wurden die Schwingungen nicht unterbrochen, nur wurde an jenen Stellen, welche durch einen freien Raum getrennt sind, einige Zeit gewartet, bis die Amplitüden wieder einigermassen abgenommen hatten. Das Gewicht wurde nun wieder in lebhaftere Schwingung versetzt.

Amplitüden	L
34·96	0·00437
33·46	0·00454.

Das Gewicht wurde in noch lebhaftere Schwingung versetzt.

Amplitüden	L
43·16	0·00449
41·26	0·00444.

Man könnte aus diesen Tabellen folgern, dass das L bei grösseren Amplitüden grösser sei, doch scheint mir dieser Schluss nicht richtig, und ich glaube, dass die hier auftretenden Unterschiede wieder der verschiedenen Accommodation zuzuschreiben sind. Schwingt nämlich ein Draht mit grossen Amplitüden, so werden gleichzeitig die kleineren mit durchlaufen, während bei kleineren Amplitüden die grösseren Verdrehungen nicht stattfinden. In Folge dessen wird für die kleineren Amplitüden, welche öfter zurückgelegt werden, die Accommodation eine grössere, d. h. das L wird kleiner. Es wird sich ganz das gleiche im Abschnitte VII, der über die Abhängigkeit des L von der Länge handelt, zeigen, woselbst ich auch werde nachweisen können, dass dieser Unterschied wirklich der verschiedenen Accommodation zuzuschreiben ist. Wie man aus den letzteren Tabellen sieht, wird der Unterschied allmälig immer weniger bemerkbar, je längere Zeit der Draht bereits im Gebrauche war.

Um noch einige Beweise für die Unabhängigkeit des L von der Amplitüde zu bringen, füge ich noch einige, bereits im vergangenen Jahre gewonnene Resultate hinzu. Die Beobachtungen sind bei der Zimmertemperatur angestellt, und hatten die Drähte schon vorher zu Versuchen gedient, bei welchen dieselben einmal durch einen galvanischen Strom, ein anderesmal durch äussere Erwärmung auf die Temperatur von 55°5 gebracht wurden, so dass die Accommodation bereits vollständig vor sich

gegangen war. Ich bemerke noch, dass bei diesen Beobachtungen der Messingteller unten eine Stahlspitze trug, welche in ein Quecksilbernäpfchen tauchte, wodurch der Schwingungsbewegung auch ein bedeutender Widerstand entgegengesetzt wurde, jedoch ist dieser Widerstand bei einer Schwingungsdauer von 10—15 Sek. ein solcher, der proportional der Geschwindigkeit wirkt, und deshalb ein constantes L besitzt. Zeigt sich daher das L den Beobachtungen unabhängig von der Amplitüde, so muss dies Gesetz auch für die innere Metalldämpfung gelten.

Silber III, 1873.

Amplitüden	L
47·05	0·01766
38·02	0·01688
30·60	0·01601
25·25	0·01667
20·67	0·01633.

Kupfer IV, 1873.

Amplitüden	L
46·6	0·01356
39·6	0·01289
33·92	0·01370
27·62	0·01292
23·65	0·01398
19·18	0·01437
16·12	0·01356.

Die einzelnen Werthe des L zeigen grosse zufällige Störungen, welche wohl durch kleine Transversalschwingungen, durch ein Zittern des Quecksilberhorizontes verursacht sein mögen; man sieht jedoch, dass von einem Einflusse der Amplitüde wenig oder nichts mehr zu bemerken ist, indem durch den vorhergegangenen starken Gebrauch der Drähte die Accommodation bereits vollständig eingetreten war.

Ich glaube demnach annehmen zu können, dass das logarithmische Dekrement innerhalb der hier vorkommenden Grenzen von der Amplitüde unabhängig ist.

IV. L bei verschiedener Spannung.

Um zu sehen, ob die Spannung einen Einfluss auf das L habe, schien es mir empfehlenswerth, Trägheitsmoment und Schwingungsdauer constant zu erhalten. Dies bewerkstelligte ich dadurch, dass ich der Reihe nach die verschiedenen scheibenförmigen Gewichte vom Messingteller abhob, und dafür die beiden Laufgewichte in grössere Distanz brachte.

Die ersten Versuche stellte ich an einem frisch aufgehängten Stahldrahte an, wesshalb sich noch eine Veränderung zufolge der Accommodation zeigen wird. Es ist ferner bei der ersten Versuchsreihe auch der Luftwiderstand nicht durchweg der gleiche. Werden nämlich die scheibenförmigen Gewichte vom Messingteller entfernt, so wird dadurch die Luftreibung etwas vermindert, hingegen wird sie dadurch, dass die Laufgewichte auseinander geschoben werden, bedeutend vermehrt.

Unter δ ist die Entfernung der beiden einander zugewandten Flächen der cylindrischen Laufgewichte in Centimetern verstanden, unter p wieder die gesammte den Draht spannende Belastung.

Stahldraht, hart. $l = 62{\cdot}8$ $d = 0{\cdot}388$

p	L	τ	δ
$4{\cdot}102$	$0{\cdot}00594$	$25{\cdot}4$	$1{\cdot}5$
$3{\cdot}102$	$0{\cdot}00571$	$25{\cdot}3$	$4{\cdot}6$
$2{\cdot}102$	$0{\cdot}00548$	$25{\cdot}4$	$7{\cdot}0$
$3{\cdot}102$	$0{\cdot}00539$	$25{\cdot}3$	$4{\cdot}6$
$4{\cdot}102$	$0{\cdot}00523$	$25{\cdot}4$	$1{\cdot}5$

Um die durch die Accommodation herbeigeführten Veränderungen theilweise zu eliminiren, kann man aus je zwei entsprechenden Beobachtungen das arithmetische Mittel nehmen, wodurch man folgende Werthe enthält.

p	L
$4{\cdot}102$	$0{\cdot}00557$
$3{\cdot}102$	$0{\cdot}00555$
$2{\cdot}102$	$0{\cdot}00548.$

Da bei diesen Versuchen noch der Vorwurf gemacht werden kann, dass der Luftwiderstand nicht durchaus der gleiche war, so liess ich Schachteln aus Pappe anfertigen, die eine von der Form eines langgestreckten Cylinders und aus zwei Stücken bestehend, die übereinander geschoben werden konnten, und die Laufgewichte sammt dem Träger vollständig einhüllten, die andere von der Form eines gleichseitigen Cylinders, welche die scheibenförmigen Gewichte vollständig und eng anschliessend umgab, so dass, wie auch die Stellung der Laufgewichte sein mochte, oder wie viele Scheiben auch aufgesetzt sein mochten, die äussere Form doch dieselbe, mithin wenn das Trägheitsmoment gleich erhalten wurde, auch die Luftdämpfung immer dieselbe blieb.

Damit nicht innerhalb der Schachtel, welche die scheibenförmigen Gewichte umschloss, in den Fällen, in welchen nur wenige oder gar keine Gewichte aufgesetzt waren, ein Hin- und Herfluthen eine Reibung verursachen konnte, theilte ich diesen inneren Raum durch eine Papierscheidewand ab, wodurch die innerhalb befindliche Luft zum grössten Theile genöthigt wurde mitzuschwingen.

Um auch dem störenden Einflusse der Accommodation auszuweichen, stellte ich die Beobachtungen zu einer Zeit an, wo mir ein Draht zur Verfügung stand, der bereits Tags vorher längere Zeit zu Beobachtungen benützt worden war.

Messingdraht, hart. $l = 62 \cdot 7$ $d = 0 \cdot 512$

p	L	τ	δ
4·102	0·00589	19·3	2·2
1·102	0·00560	19·8	9·5
4·102	0·00560	19·6	2·5
1·102	0·00615	19·5	9·2.

Es schien mir genügend, nur die äussersten Spannungen in Anwendung zu bringen, da man aus den Versuchen mit dem Stahldrahte schon sehen konnte, dass, wenn die Spannung einen Einfluss haben sollte, derselbe doch nur sehr gering sein konnte.

Die Mittelwerthe der gleichartigen Beobachtungen sind

p	L
4·102	0·00576
1·102	0·00587

Man sieht aus beiden Tabellen, dass das L von der Spannung vollständig unabhängig ist.

V. L bei verschiedenem Trägheitsmomente.

Ich verwendete zu diesen Versuchen wieder einen harten Stahldraht, nämlich eine englische Claviersaite, von den Dimensionen $l = 60·5$ $d = 0·388$.

Da ich bereits gefunden hatte, dass das L von der Spannung unabhängig ist, so konnte ich den Querbalken mit den beiden Laufgewichten weglassen, und das Trägheitsmoment durch auflegen verschieden vieler scheibenförmiger Gewichte auf den Messingteller ändern. Dadurch wurde die Luftreibung wieder so klein, dass sie im Werthe des logarithmischen Dekrementes nicht mehr als die übrigen Beobachtungsfehler ausmachte. Ich überzeugte mich bei Gelegenheit dieser Beobachtungen von der Richtigkeit dieser Behauptung, indem ich in dem Falle, da nur eines der Gewichte aufgesetzt war, die Schachtel aus Pappe aufsetzte, wodurch die der Luftreibung ausgesetzte Oberfläche so gross wurde, als wären alle drei Gewichte aufgesetzt, und dennoch überstieg der Unterschied im Werthe des L nicht die übrigen Beobachtungsfehler. Bei den im Folgenden angegebenen Werthen war übrigens die Schachtel fortwährend aufgesetzt.

Das Drehmoment blieb bei der ganzen Versuchsreihe constant, wesshalb zugleich mit der Änderung des Trägheitsmomentes auch entsprechend sich die Schwingungsdauer änderte.

Nr.	τ	L	
		$p = 3·147$	$p = 1·147$
1	21·9	0·00551	
2	13·1		0·00518
3	21·8	0·00491	
	Mittel	0·00528	0·00518.

Es scheint L unabhängig zu sein vom Trägheitsmomente bei gleichzeitiger Änderung der Schwingungsdauer; um jedoch den Einfluss der Accommodation zu vermeiden, der sich hier sehr bemerkbar macht, wiederholte ich die Versuche den nächsten Tag, ohne dass der Draht die Zeit über aus dem Apparate herausgenommen, oder irgendwie starr festgehalten wurde.

Nr.	τ	L	
		$p = 3 \cdot 147$	$p = 1 \cdot 147$
1	13·03		0·00398
2	21·78	0·00435	
3	13·07		0·00415
4	21·80	0·00412	
5	13·06		0·00417
	Mittel	0·00424	0·00410

Es zeigt sich jetzt kein Einfluss der Accommodation mehr, und die Unabhängigkeit des L von der Schwingungsdauer bei Anderung des Trägheitsmomentes ist augenfällig.

VI. L bei verschiedenem Durchmesser der Drähte.

Von den jetzt zu beschreibenden Versuchen darf man schon von vorne herein keine grosse Genauigkeit erwarten, da ja das L wesentlich eine Function des Zustandes des Metalles, insbesondere des Härtegrades ist. Wenn ich nun auch englische Claviersaiten nahm, welche sehr homogen sind, so darf man doch nicht erwarten, dass der Grad der Härtung bei verschieden dicken Drähten der gleiche sei.

Ich musste mich ferner bei dieser Serie von Beobachtungen der Laufgewichte bedienen, um die Schwingungsdauer constant erhalten zu können. Letzteres war zwar nicht unbedingt nothwendig, da ja die Schwingungsdauer keinen Einfluss auf das L übt, wenn dieselbe durch das Trägheitsmoment geändert wird, doch hätte ich die Laufgewichte auf keinen Fall vermeiden können, da die Schwingungsdauer sich mit der zweiten Potenz des Halbmessers der Drähte ändert, und die Schwingungen weder so rasch werden durften, dass eine genaue Ablesung unmöglich geworden wäre, noch aber auch so langsam, dass kleine Erschütterungen einen merklichen Einfluss gewonnen hätten. Ich

musste aus diesem Grunde das Trägheitsmoment ausser durch Auflegen von scheibenförmigen Gewichten noch durch Verschieben der Laufgewichte verändern, und konnte deshalb nicht vermeiden, dass die Luftdämpfung einen störenden Einfluss gewann.

Ich setzte diesmal auch die beiden Schachteln aus Pappe nicht auf die Gewichte auf, da dies nichts genützt hätte. Die Beobachtungen sind in der Reihenfolge ausgeführt, in der sie sich in der Tabelle angegeben finden, und L wurde jedesmal aus etwa 40 Schwingungen gerechnet.

d	L	τ	p	δ
0·388	0·00534	13·9	1·102	1·3
	0·00500			
0·432	0·00603	12·9	2·102	1·2
	0·00587			
0·566	0·00504	14·0	3·102	7·3
	0·00481			
0·633	0·00716	12·9	4·102	15·1
	0·00714			

Nach dieser Tabelle kann man allerdings nicht behaupten, dass der Durchmesser des Drahtes ohne Einfluss auf das L sei, jedoch kann der Einfluss kein bedeutender sein, möglich, dass ein solcher gar nicht vorhanden ist.

VII. L bei verschiedener Länge des Drahtes.

Zu diesen Versuchen wählte ich eine englische Klaviersaite vom Durchmesser $d = 0{\cdot}432$ Mm. und änderte deren Länge ungefähr im Verhältnisse von 1 : 2 ab. Zu diesem Zwecke war der Draht nicht in dem früher verwendeten Apparate, sondern frei, an einem massiven Galgen aufgehängt; der Messingteller mit den Gewichten war jedoch von einem Kasten umgeben, der die Luftströmungen abhielt.

Um den Draht seiner halben Länge nach schwingen lassen zu können, hatte ich eine Klemme angebracht, welche denselben an der betreffenden Stelle festhielt, und zwar klemmte ich den Draht zwischen zwei weichen Messingplatten, wodurch er vor

Beschädigung bewahrt blieb, und später wieder seiner ganzen Länge nach verwendet werden konnte.

Die Belastung bestand aus drei der scheibenförmigen Gewichte, der Querbalken mit den Laufgewichten war nicht verwendet, die Luftdämpfung also eine sehr geringe. Dieses Trägheitsmoment liess ich constant, so, dass zufolge der Veränderung des Drehmomentes sich auch die Schwingungsdauer änderte.

Die Gewichte waren von der bei den früheren Versuchen verwendeten anliegenden Schachtel nicht umschlossen, da die äussere Form ohnedies stets dieselbe blieb.

	Nr.		L	τ
1.	1	..... 119·6	0·00419	12·58
	2	..... 62·5	0·00369	9·07
	3	..... 119·6	0·00387	—
	4	..... 62·5	0·00364	—
	5	..... 119.6	0·00371	—

Es zeigt sich in dieser Tabelle L bei der kleineren Länge immer kleiner, doch sind die Differenzen so gering, dass ich versucht war, dieselben einem anderen Umstande, als der Längenänderung zuzuschreiben. Ich dachte, dass vielleicht der Draht seiner ganzen Länge nach nicht homogen gehärtet sei und löthete ihn deshalb verkehrt ein, und wiederholte die Versuche. Dabei ergab sich:

	Nr.	l	L	τ
2.	1	..... 119·6	0·00396	12·55
	2	..... 62·5	0·00362	9·12
	3	..... 119·6	0·00371	—

aber auch hier zeigt sich L beim kürzeren Drahte kleiner.

Es kann aber noch ein Umstand sein, der diese kleine Differenz herbeiführte, nämlich die Accommodation.

Beginnt man damit, einen Draht seiner ganzen Länge nach schwingen zu lassen, so wird diese Beobachtung mit einem Drahte gemacht, der noch gar keine Schwingungen ausgeführt, somit noch gar keine Accommodation erlitten hat. Lässt man hierauf den Draht seiner halben Länge nach (62.5 Cm.) schwingen, so hat man ein Drahtstück vor sich, welches bereits seiner

ganzen Länge nach Schwingungen ausgeführt, also bereits eine Accommodation erlitten hat; es ist demnach vorauszusetzen, dass sich L nun kleiner zeigen wird als im ersten Falle.

Lässt man hierauf wieder den Draht in der Länge von 119·6 Cm. schwingen, so hat man ein Drahtstück vor sich, dessen obere Hälfte bereits einmal Schwingungen ausgeführt, das jedoch durch das Verharren in vollständiger Ruhe während des zweiten Versuches wieder einen Theil seiner Accommodation eingebüsst hat, dessen untere Hälfte aber bereits zweimal Schwingungen ausgeführt hat. Was nun überwiegt, der Verlust der Accommodation der oberen Hälfte, oder die Zunahme zufolge des zum zweitenmale Schwingens der unteren Hälfte, lässt sich nicht vorhersagen; die Beobachtung zeigt, dass das L wieder etwas grösser geworden ist. Bei der nächsten Beobachtung (4), bei halber Länge, muss aber jedenfalls L wieder kleiner sein, nachdem ein Drahtstück zur Verwendung kommt, das während der ganzen Versuchsreihe fortwährend Schwingungen ausgeführt hat. Eine Ursache, dass die Accommodation für die untere Hälfte fortwährend eine grössere bleibt, mag auch die sein, dass die Verdrehung des Drahtes beim Schwingen der unteren Hälfte allein die doppelte war, indem ich die an der Scala abgelesenen Amplitüden in beiden Fällen gleich gross gemacht hatte.

Beim Schluss der ersten Beobachtungsreihe hatte das L für den ganzen Draht den Werth 0·00371, durch das Herausnehmen und verkehrt Einlöthen verlor der Draht jedoch wieder zum grössten Theile seine Accommodation, und L hat wieder den Werth 0·00396, der dem ursprünglichen Werthe 0·00419 näher liegt als dem, welchen die Beobachtung (5) der ersten Versuchsreihe geliefert hat.

Der Draht ist daher theilweise wie ein noch nicht gebrauchter zu betrachten, und die zweite Tabelle zeigt auch denselben Verlauf wie die erste.

Um nun die Richtigkeit der Annahme zu prüfen, dass die Ursache dieser kleinen Verschiedenheit des L wirklich in der Accommodation zu suchen sei, nahm ich ein ganz neues Drahtstück von der gleichen Länge wie das frühere, begann aber diesmal damit, die untere Hälfte allein schwingen zu lassen,

während die obere festgehalten war; darauf erst liess ich den Draht in der Länge von 120 Cm. schwingen.

Bei der ersten Beobachtung, bei welcher also nur die untere Hälfte des Drahtes verwendet wird, hat man dann ein Drahtstück, das seiner ganzen Länge nach (63 Cm.) noch keine Schwingungen ausgeführt hat, somit keine Accommodation zeigen kann. Geht man dann zur Länge von 120 Cm. über, so hat man ein Drahtstück, welches in seiner unteren Hälfte bereits eine Accommodation erlitten hat; es ist somit vorauszusetzen, dass in dem zweiten Falle L kleiner sein wird als im ersten. Man kann sogar quantitativ einige Voraussetzungen machen.

Bei der Tabelle (1) rührt der gemachten Hypothese zufolge der Unterschied der Werthe L_1 und L_2 davon her, dass man von einem Drahte, der seiner ganzen Länge nach noch gar keine Accommodation erfahren hat, zu einem Drahte übergeht, der bereits seiner ganzen Länge nach einmal eine Accommodation erlitten hat.

Bei den Beobachtungen, deren Resultate in der folgenden Tabelle angegeben sind, geht man von einem Drahte, der seiner ganzen Länge nach noch keine Accommodation erfahren hat, zu einem solchen über, der seiner halben Länge nach bereits einmal eine Accommodation erfahren hat.

Man kann nun erwarten, dass der Unterschied $L_1 - L_2$ in der folgenden Tabelle bedeutend kleiner, in roher Annäherung etwa halb so gross sein wird, als in der Tabelle (1).

Die Beobachtungen zeigten nun Folgendes:

	Nr.	l	L
3.	1	63·0	0·00433
	2	120·0	0·00419
	3	63·0	0·00403

Der Unterschied $L_1 - L_2$ beträgt hier 0·00014, während er in der Tabelle (1) 0·00050 betragen hat, ist also noch kleiner als die Hälfte des letztgenannten, welche 0·00025 betragen würde. Es mag dies davon herrühren, dass ich bei der Tabelle (1) zwischen der Beobachtung (1) und (2) noch eine Messung der Schwingungsdauer machte, bei welcher Gelegenheit auch etwa

fünfzehn Schwingungen stattfanden, während ich bei der Tabelle (3) dies unterlassen hatte.

Die Beobachtung (3) der Tabelle (3) liefert wieder ein kleineres L als die beiden vorhergehenden, wie auch zu erwarten ist, nachdem dabei ein Drahtstück verwendet wird, welches bereits seiner ganzen Länge nach zweimal Schwingungen ausgeführt hat.

Die Tabelle (1) und (3) zusammengenommen beweisen die Unabhängigkeit des L von der Länge, wenn man zugleich mit der Längenänderung auch entsprechend das Drehmoment, resp. die Schwingungsdauer, sich ändern lässt, bis auf etwa 2% des ganzen Werthes von L.

VIII. Wirkung des Ausglühens der Drähte.

Ich habe bei verschiedenen Gelegenheiten die Beobachtung gemacht, dass bei ausgeglühten Drähten der Widerstand, welchen der Draht der Schwingungsbewegung entgegensetzt, ein viel kleinerer ist, als bei sogenannten harten, d. h. solchen Drähten, welche sich in dem Zustande befinden, in dem sie das Zugeisen verlassen haben. Wenn also die Beobachtung, welche im ausgeglühten Zustande gemacht wird, immer ein kleineres L liefert, so könnte man versucht sein zu glauben, dass dies eine Wirkung der Accommodation sei. Die Grösse der Differenz aber, und ferner der bereits bekannte Umstand, dass durch ein Unterbrechen der Schwingungen, insbesondere, wenn der Draht aus seiner Stellung gebracht wird, die Accommodation zum grössten Theile wieder vernichtet wird, weist unzweifelhaft darauf hin, dass der Unterschied im Werthe des logarithmischen Dekrementes von der Verschiedenheit des Zustandes herrührt. Ich werde die beiden Zustände durch die beiden gebräuchlichen Bezeichnungen „hart“ und „weich“ unterscheiden.

Ein Stahldraht, der bereits durch zwei Tage zu Beobachtungen gedient hatte, und der bereits fast keine Zunahme der Accommodation mehr zeigte, ergab:

hart ..... $L = 0{\cdot}00416$

und hierauf

weich ..... $L = 0{\cdot}00364$.

Ein Kupferdraht frisch aufgehängt, zeigte hart

$$L = \begin{cases} 0{\cdot}00811 \\ 0{\cdot}00774, \end{cases}$$

wobei jede der beiden Zahlen aus 20 Schwingungen, und zwar die zweite aus den, den ersten unmittelbar nachfolgenden nächsten zwanzig Schwingungen abgeleitet ist.

In gleicher Weise sind auch die folgenden nebeneinander stehenden Werthe aufzufassen.

Derselbe Draht ergab:

$$\text{weich} \ldots\ldots\ L = \begin{cases} 0{\cdot}00477 \\ 0{\cdot}00421. \end{cases}$$

Ein Messingdraht ergab:

$$\text{hart} \ldots\ldots\ L = \begin{cases} 0{\cdot}00165 \\ 0{\cdot}00150, \end{cases}$$

$$\text{weich} \ldots\ldots\ L = \begin{cases} 0{\cdot}00064 \\ 0{\cdot}00052 \\ 0{\cdot}00047, \end{cases}$$

beim Messing sank also L durch das Ausglühen beiläufig auf $^1/_3$ des früheren Werthes.

Bei Gelegenheit der Untersuchung, betreffend die Abhängigkeit des L vom Durchmesser, glühte ich den zuletzt untersuchten Stahldraht vom Durchmesser 0·633, welcher folgende Werthe gegeben hatte:

$$\text{hart} \ldots\ldots\ L = \begin{cases} 0{\cdot}00716 \\ 0{\cdot}00714 \end{cases}$$

ebenfalls aus, und erhielt hierauf

$$\text{weich} \ldots\ldots\ L = \begin{cases} 0{\cdot}00629 \\ 0{\cdot}00584. \end{cases}$$

Die absoluten Werthe des L sind desshalb bei diesem letzten Drahte so gross, da bei den erwähnten Messungen die Laufgewichte verwendet worden waren.

Wenn man als Ursache der Dämpfung einen wie immer gearteten Widerstand ansieht, welchen die Molecüle durch eine Art innere Reibung der Bewegung entgegensetzen, so muss man annehmen, dass im harten Zustande diese Reibung eine grössere

ist, was sich leicht dadurch erklärt, dass der Draht in dem Zustande, in welchem er das Zugeisen verlässt, eine grössere Dichte hat, folglich die Molecüle näher aneinander liegen.

Inwiefern sich ein durch ziehen hart gewordener Stahldraht von einem durch ablöschen gehärteten unterscheidet, kann ich noch nicht bestimmen, da ich mit dem Processe der Stahlsaitenfabrikation nicht bekannt bin, doch ist anzunehmen, dass bei einem durch löschen gehärteten Stahldrahte dieselbe Erscheinung sich zeigt, da man aus der Eigenschaft des harten Stahls, den grössten Theil des mitgetheilten Magnetismus permanent zu erhalten, schliessen muss, dass der Widerstand der Molecüle gegen eine Verdrehung gross ist.

Die Drähte können noch auf eine Weise gehärtet werden, und zwar durch öfteres Hin- und Herdrehen um so grosse Winkel, dass jedesmal eine entschiedene permanente Verdrehung zurückbleibt. Es wird diese Methode des Härtens auch von den Mechanikern dann in Anwendung gebracht, wenn ein Messingstück, ohne die Gestalt zu ändern, gehärtet werden soll. Es wird ein solches Messingblech seiner ganzen Ausdehnung nach oft hin- und hergebogen, bis es hart geworden.

IX. Torsionen mit bleibenden Veränderungen.

In diesem Abschnitte soll die zum Schlusse des vorigen erwähnte Eigenschaft der Drähte näher illustrirt werden, also gezeigt werden, dass Verdrehungen, bei welchen die Elasticitätsgrenze überschritten wird, welche also zum Theil permanent sind, gerade entgegengesetzt wirken jenen kleinen Verdrehungen, wie sie bei den Schwingungen vorkommen und welche sich innerhalb der Elasticitätsgrenze bewegen. Auch bei letzteren treten kleine scheinbar bleibende Verdrehungen auf, doch sind diese, wie Kohlrausch gezeigt hat, eben nur scheinbar bleibend und verschwinden allmälig wieder; sie sind als elastische Nachwirkung bekannt.

Da das Messing unter allen Metallen den grössten Unterschied zwischen dem harten und weichen Zustande aufwies, so wählte ich zu diesen Versuchen einen weichen Messingdraht, und die folgende Beobachtungsreihe wird zeigen, wie durch stärkeres

Tordieren die Dämpfung grösser, durch die kleinen Schwingungen von 2—5° aber, immer wieder kleiner wird.

Die Dimensionen des Drahtes waren $l = 60 \cdot 3$ Ctm., $d = 0 \cdot 512$ Mm., die Spannung war $p = 1 \cdot 147$ Kgrm.

Ich versetzte zuerst den Draht auf die gewöhnliche Weise in Schwingungen, und dabei ergab er

$$L = 0 \cdot 00084.$$

Jetzt liess ich ihn durch 15 Minuten in dieser Weise schwingen, dadurch veränderte sich durch Accommodation das logarithmische Dekrement in

$$L = 0 \cdot 00059.$$

Jetzt drehte ich das Gewicht um 360° nach der einen Seite, dann in die Gleichgewichtslage zurück und um 360° auf die andere Seite, und wiederholte dies Verfahren ungefähr 20mal. Dadurch wurde

$$L = 0 \cdot 00067$$

also grösser. Bei diesen Torsionen waren schon bleibende Veränderungen aufgetreten, d. h. damit das Gewicht wieder in die frühere Gleichgewichtslage einspielte, war eine Verdrehung nach der entgegengesetzten Seite nothwendig. Jetzt drehte ich den Draht um $4 \times 360°$ etwa 10mal hin und her, dadurch wurde

$$L = 0 \cdot 00094$$

also schon grösser, als es zu Anfang war.

Endlich drehte ich das Gewicht um $20 \times 360°$ hin und her und wiederholte dies etwa 6mal; hierauf war

$$L = 0 \cdot 00222,$$

es kam L auf fast das 3fache des ursprünglichen Werthes.

Ich liess nun den Draht durch 15 Minuten wieder mit den gewöhnlichen kleinen Amplitüden schwingen, und dadurch verkleinerte sich L wieder zu

$$L = 0 \cdot 00136.$$

Da es zwischen jenen Torsionen welche eine Verkleinerung des L herbeiführen, und jenen welche dasselbe vergrössern, eine

Grenze geben muss, so könnte man diese als die Elasticitätsgrenze für den jeweiligen Zustand auffassen.

X. Folgerungen, die Ursache der inneren Metalldämpfung betreffend.

Die Dämpfung der Torsionsschwingungen setzt sich, wie schon mehrfach erwähnt, aus zwei Theilen zusammen. Der eine Theil rührt von dem Widerstande her, den die Luft der Bewegung des Gewichtes entgegengesetzt, der andere rührt von dem Drahte selbst her und ist durch eine Art innere Reibung der Molecüle verursacht.

Es liegt sehr nahe, und auch Warburg hat dies gethan, die Ursache der inneren Metalldämpfung in der elastischen Nachwirkung zu suchen; da aber Kohlrausch, von dem wir allein etwas näheres über die elastische Nachwirkung wissen, letztere auch auf eine innere Reibung der Molecüle zurückführt, so wären demnach beide Erscheinungen nur als zwei verschiedene Bethätigungsformen ein und derselben Eigenschaft zu betrachten.

Es ist nun vor allem die Frage zu beantworten: Ist es nach dem, was Kohlrausch von der elastischen Nachwirkung gefunden, möglich, dass die Erscheinungen zu Stande kommen, von denen die vorhergehenden Abschnitte handeln. Eine weitere Frage wäre die: Welches ist das Gesetz der Kraft, nach welchem die innere Reibung der Bewegung entgegen wirkt.

Bekanntlich erhält man unter der Voraussetzung, dass die dämpfende Kraft proportional der Geschwindigkeit der Bewegung wirkt, welche Annahme bei der Luftreibung statthaft ist, folgende Gleichung

$$T\frac{d^2\varphi}{dt^2} + k\cdot\frac{d\varphi}{dt} + M\varphi = 0$$

wobei T das Trägheitsmoment, M das Drehmoment, k das Mass der dämpfenden Kraft für die Einheit der Geschwindigkeit, φ aber der Winkel ist, um welchen das Gewicht aus der Gleichgewichtslage zur Zeit t herausgedreht ist.

Setzt man

$$\frac{k}{2T} = \varepsilon \qquad \frac{M}{T} = \mu \qquad \sqrt{\mu - \varepsilon^2} = \nu,$$

so erhält man als Integral der Gleichung

$$\varphi = \alpha . e^{-\varepsilon t}\left(\cos \nu t + \frac{\varepsilon}{\nu} \sin \nu t\right)$$

wobei α der Werth von φ für die Zeit $t = 0$ ist.

Man erhält ferner

$$\frac{d\varphi}{dt} = -\alpha . \frac{\mu}{\nu} . e^{-\varepsilon t} . \sin \nu t$$

für die Geschwindigkeit der Bewegung. Diese Geschwindigkeit wird 0, wenn $\nu t = n\pi$ ist, wobei $n = 0, 1, 2 \ldots$, sie wechselt, so oft ein solcher Werth erreicht ist, ihr Zeichen, wesshalb man die Punkte, für welche $t = \frac{n\pi}{\nu}$ ist, passend als Umkehrpunkte bezeichnet.

Die Zeit, welche das Gewicht braucht, um von einem Umkehrpunkte zum nächsten zu gelangen, welche ich die halbe Schwingungsdauer nenne, ist

$$\frac{\tau}{2} = \frac{\pi}{\nu} = \pi \sqrt{\frac{T}{M - \frac{k^2}{4T}}}$$

Für Schwingungen im luftleeren Raum ist $k = 0$, also

$$\tau = 2\pi \sqrt{\frac{T}{M}} .$$

Nennt man die Winkel, welche der Reihe nach in einer halben Schwingungsdauer durchstrichen werden $\varphi_1\ \varphi_2\ \varphi_3 \ldots$, so lehrt die Gleichung für φ dass diese allmählich abnehmen und zwar eine geometrische Reihe bilden, deren Exponent $e^{-\varepsilon \frac{\pi}{\nu}}$ ist, und $\lg n\, \varphi_1 - \lg n\, \varphi_3 = \varepsilon\tau = L$ ist, wie schon früher einmal erwähnt, das logarithmische Dekrement. ε kann als Mass der Dämpfung bezeichnet werden.

Die Voraussetzung, dass der Widerstand proportional der Geschwindigkeit wirkt, ist aber nicht unbedingt nothwendig, um ein constantes logarithmisches Dekrement zu erhalten; es zeigt sich ein solches immer, wenn man voraussetzt, dass das Stück, um welches ein Schwingungsbogen kleiner ist, als der vorhergehende,

diesem letztgenannten selbst proportional ist. Denn ist etwa α der Bogen, welchen das Gewicht zurücklegen würde, bis es von einem Umkehrpunkte zu dem Punkte kommt, in welchem es die grösste Geschwindigkeit hat, wenn keine Dämpfung vorhanden wäre, und $q\alpha$ das kleine Stück, um welches der Bogen α bei Voraussetzung der Dämpfung kleiner ist, um welches also der Punkt der grössten Geschwindigkeit verschoben ist, so ist der wirklich zurückgelegte Weg

$$\alpha(1-q).$$

Um diesen Winkel würde das Gewicht sich auf die andere Seite drehen, wenn abermals keine Dämpfung vorhanden wäre. Ist aber die Dämpfung vorhanden, so ist der bis zum nächsten Umkehrpunkt zurückgelegte Weg

$$\alpha(1-q)-q\alpha(1-q) = \alpha(1-q)^2,$$

so dass die drei ganzen Amplitüden $\varphi_1\ \varphi_2\ \varphi_3$ jetzt folgende absoluten Werthe haben:

$$\varphi_1 = \alpha[(1-q)+(1-q)^2]$$
$$\varphi_2 = \alpha(1-q)^2[(1-q)+(1-q)^2]$$
$$\varphi_3 = \alpha(1-q)^3[(1-q)+(1-q)^2].$$

Der Ausdruck für das logarithmische Dekrement wird dann

$$L = \log\frac{\varphi_1}{\varphi_3} = \log\frac{1}{(1-q)^3}$$

und ist unabhängig von der Amplitüde.

Die Formel, welche Kohlrausch für die elastische Nachwirkung gibt, ist

$$x = k\varphi T^p \frac{1}{t^\alpha}$$

wobei k, p, α Coëfficienten sind, welche nur von der Drahtsorte abhängen.

T ist die Zeit in Minuten, welche der Draht um den Winkel φ tordiert gehalten wurde, und t die Zeit in Minuten, welche seit dem Nachlassen jener Torsion verstrichen ist, x endlich der Winkel, um welchen die Gleichgewichtslage zur Zeit t im Sinne der Torsion verschoben ist.

Die elastische Nachwirkung tritt auch dann auf, wenn ein Draht aus der Gleichgewichtslage durch eine bestimmte Kraft verdreht wird; er stellt sich dann scheinbar unter einem gewissen Winkel φ ein, bei genauerer Betrachtung zeigt sich aber, dass dieser Winkel sich noch fortwährend vergrössert.

Wenn nun auch die Kohlrausch'sche Gleichung nur innerhalb der Grenzen gilt, für welche sie Kohlrausch aufgestellt hat, indem dieselbe ja ganz unmöglich auf beliebige T und t ausgedehnt werden kann, da man durch genügende Vergrösserung von T schliesslich x grösser als φ, erhalten würde und für $t = 0$ sogar unendlich gross, so kann man doch die Thatsache aufrecht erhalten, dass bei einer ganz bestimmten Vertheilung von T und t der Winkel x immer proportional dem Winkel φ bleibt. Geht man also zu Schwingungsbewegungen über, so würde dies heissen, dass das Gewicht, welches sich aus der Gleichgewichtslage entfernt, sich nicht so weit hinausbewegt, als es der Fall sein würde, wenn keine Nachwirkung vorhanden wäre, sondern um ein kleines Stück weniger weit, und zwar ist dieses proportional dem Verdrehungswinkel φ. Kehrt das Gewicht um, so gelangt es auch nicht in der das letztemal innegehabten Gleichgewichtslage ins Gleichgewicht, sondern schon früher, und zwar auch wieder um einen Winkel, der ein ganz bestimmter Bruchtheil des letzten Verdrehungswinkels ist.

Dass unter diesen Umständen aber ein für die verschiedenen Amplitüden constantes logarithmisches Dekrement zu Stande kommt, habe ich früher gezeigt.

Es ist die früher stillschweigend gemachte Voraussetzung, dass der Proportionalitätsfactor q für die Entfernung und für die Annäherung zur Gleichgewichtslage derselbe ist, nicht einmal nothwendig; ist bei der Bewegung des Gewichtes aus der Gleichgewichtslage etwa $x = q'\alpha$, während für die Bewegung in dieselbe $x = q\alpha$ ist, so erhält man für das logarithmische Dekrement den Werth

$$L = \log n \frac{1}{(1-q^2)(1-q')^2}$$

auch unabhängig von der Amplitüde.

Dieser Entwicklung zufolge ist es also sehr wahrscheinlich, dass unter Voraussetzung der elastischen Nachwirkung als Ursache der Dämpfung ein constantes L zu Stande kommt.

Weitere Schlüsse werden sich aus den anderen für die Metalldämpfung gefundenen Eigenschaften machen lassen.

So zeigt sich L auch constant für verschiedene Schwingungsdauern, wenn man das Trägheitsmoment ändert. Es ist demnach

$$\varepsilon_1 \tau_1 = \varepsilon_2 \tau_2.$$

Aus dieser Relation folgt zunächst, dass die Dämpfung um desto grösser ist, je kleiner die Schwingungsdauer ist, und zwar in der Weise, dass nach einer bestimmten Anzahl Schwingungen die Amplitüde φ immer auf den Werth $\frac{\varphi}{n}$ reducirt ist, gleichgiltig, ob die Schwingungen rasch oder langsam, d. h. bei grossem oder kleinem Trägheitsmomente geschehen.

Unter Voraussetzung der Gesetze, welche für den Luftwiderstand gelten, ist

$$\varepsilon = \frac{k}{2T}$$

und da man näherungsweise

$$\tau = 2\pi \sqrt{\frac{T}{M}}$$

setzen kann, so wird

$$\frac{k_1}{k_2} = \sqrt{\frac{T_1}{T_2}},$$

woraus folgt, dass die Kraft, mit der die Metalldämpfung wirkt, eben nicht die Gesetze befolgt, wie die Kraft, welche bei der Luftdämpfung thätig ist, indem letztere nicht vom Trägheitsmomente abhängt. Um obiges Gesetz zu erhalten, würde es genügen, die Kraftgleichung in folgender Form zu schreiben.

$$T\frac{d^2\varphi}{dt^2} + k\sqrt{T}\frac{d\varphi}{dt} + M\varphi = 0,$$

allein diese Gleichung hat keine physikalische Berechtigung; denn das gefundene Gesetz der Kraftwirkung ist von der Beob-

achtung nur für eine ganze Amplitüde geliefert und kann desshalb möglicherweise nur einen gewissen Mittelwerth darstellen, der zufolge eines ganz anderen Kraftgesetzes und überhaupt nur bei der Schwingungsbewegung zustande kommt, während die Kraftgleichung für beliebige Bewegungen gelten muss.

Um nun doch wenigstens für diesen Mittelwerth der Kraft eine Anschauung zu gewinnen, habe ich versucht, die Arbeit zu berechnen, welche während eines ganzen Ausschlages von der dämpfenden Kraft geleistet wird.

Es lässt sich zwischen dieser Arbeit und dem logarithmischen Dekremente eine Relation aufstellen, welcher keine Voraussetzung über die Natur der dämpfenden Kraft zu Grunde liegt. Denkt man sich, dass das Gewicht, von der Gewichtslage ausgehend, successive die drei halben Amplitüden α_1 α_2 α_3 durchlauft, so erhält man als Ausdruck für die Arbeit, welche zur Überwindung des Widerstandes während eines ganzen Ausschlages nothwendig ist,

$$A = \frac{M\alpha_1^2}{2} - \frac{M\alpha_3^2}{2},$$

worin die beiden Ausdrücke rechts die Potentialwerthe für die beiden aufeinanderfolgenden Umkehrpunkte darstellen.

Da das L statt wie früher aus drei aufeinander folgenden ganzen Amplitüden auch aus drei halben Amplitüden gerechnet werden kann, so ist

$$\alpha_3 = \alpha_1 \cdot e^{-L}.$$

Führt man diesen Ausdruck für α_3 in die Arbeitsgleichung ein und entwickelt die Exponentialgrösse in eine Reihe nach steigenden Potenzen von L, und vernachlässigt alle höheren Potenzen, was erlaubt ist, da man L sowie auch A als kleine Grössen erster Ordnung auffassen kann, so erhält man die für jede Art von Dämpfung geltende Gleichung

$$A = ML\alpha^2, \tag{1}$$

wobei statt α_1 entsprechend der früheren Bezeichnung wieder α gesetzt ist.

Bei der Luftdämpfung lässt sich nun ein Ausdruck für A aufstellen, der dasselbe nur durch die Constanten der Beobach-

tung darstellt. Es ist nämlich die dämpfende Kraft des Luftwiderstandes

$$k \cdot \frac{d\varphi}{dt},$$

daher das Element der Arbeit

$$dA = k\left(\frac{d\varphi}{dt}\right)^2 dt.$$

Für eine einfache Schwingungsbewegung gilt aber die Gleichung

$$\varphi = \alpha \cdot \cos\frac{2\pi t}{\tau};$$

es wird dieselbe aus der früheren für φ aufgestellten Gleichung erhalten, indem man $k = 0$ setzt, wodurch in dem Ausdrucke für dA wieder nur Glieder von der zweiten Ordnung des k vernachlässigt wurden.

Für die Geschwindigkeit erhält man

$$\frac{d\varphi}{dt} = -\alpha\frac{2\pi}{\tau}\sin\frac{2\pi t}{\tau},$$

daher die Arbeit für einen ganzen Ausschlag

$$A = k\alpha^2\frac{2\pi}{\tau}\int_0^{\frac{\tau}{2}}\cos^2\frac{2\pi t}{\tau}\,d\frac{2\pi t}{\tau} = \frac{k\alpha^2\pi^2}{\tau}. \qquad (2)$$

Setzt man nun den Ausdruck, den die Gleichung (2) liefert, in die Gleichung (1), so erhält man als Ausdruck für das logarithmische Dekrement der Luftdämpfung

$$L = \frac{k\pi^2}{M\tau} = \frac{k\pi}{2M}\cdot\sqrt{\frac{\bar{M}}{T}}. \qquad (3)$$

Diesen Ausdruck werde ich nun so verändern, dass er die für die Metalldämpfung verlangten Eigenschaften hat, und schliesslich daraus in Verbindung mit Gleichung (1) wieder einen Ausdruck für die Arbeit herstellen, der dann für die Metalldämpfung gilt.

Es muss nun bei der Metalldämpfung L vor allem unabhängig sein von der Amplitüde; dieser Forderung entspricht der

Ausdruck bereits, indem dieselbe auch bei der Luftdämpfung zu stellen ist.

Es soll aber ferner L unabhängig sein vom Trägheitsmomente, wenn das Drehmoment ungeändert bleibt, es muss daher $\sqrt{T}$ im Nenner weggelassen werden.

Ferner muss L unabhängig sein von der Länge des Drahtes. Wird diese geändert, so ändert sich auch das Drehmoment, und zwar ist die Änderung desselben verkehrt proportional der Längenänderung.

Ausserdem ändert sich aber noch die Constante k; denn entsprechend den Elasticitätsgesetzen wird der Widerstand gegen die Verdrehung bei doppelter Verdrehung der doppelte, daher bei doppelter Länge unter Festhaltung eines bestimmten Ausschlagwinkels nur der halbe sein, so dass man statt k, welches nur für eine bestimmte Länge gilt, $\frac{k}{l}$ wird setzen müssen, wobei k dann eine Constante ist, die für jede Länge gilt.

Soll nun bei verschiedenen Längen des Drahtes L constant bleiben, so müssen l und M, welche sich dabei in entgegengesetzter Weise ändern, als Produkt vorkommen, daher das $\sqrt{M}$ im Zähler auch wegzulassen ist, und der Ausdruck also folgende Form annimmt

$$L = \frac{k}{2Ml}, \tag{4}$$

woraus wieder der Ausdruck für die Arbeit während eines ganzen Ausschlages folgt

$$A = \tfrac{1}{2}\frac{k\alpha^2}{l}.$$

Führt man die ganze Amplitüde, welche etwa φ heissen soll, statt α ein, so ist die Arbeit für diese Strecke

$$A = \frac{k\varphi^2}{l}. \tag{5}$$

Man könnte nun leicht einen Differentialausdruck hinschreiben, der integrirt die Gleichung (5) liefert, in welchem dann das Kraftgesetz enthalten sein würde; allein dieses Verfahren hätte keine physikalische Berechtigung, indem die Beobachtungen nur

über den Mittelwerth der Kraft für einen ganzen Ausschlag Auskunft geben. Bei dem jetzigen Stande der Kenntnisse ist man daher genöthigt hier stehen zu bleiben.

Von dem Mittelwerthe der Kraft während eines ganzen Ausschlages lässt sich nun sagen, dass er unabhängig von der Schwingungsdauer ist. Physikalisch wird man sich diesen Umstand vielleicht folgendermassen erklären können, wenn man an dem Zusammenhange der elastischen Nachwirkung mit der Metalldämpfung festhält.

Bewegt sich das Gewicht von der Gleichgewichtslage aus, so wird für jede Lage φ des Gewichtes, in welcher es durch eine unendlich kurze Zeit ruhend gedacht werden kann, in Folge dieser Torsion eine unendlich kleine Nachwirkung dx entstehen, je langsamer nun die Schwingungen stattfinden, desto länger wird man sich das Gewicht in φ verharrend denken können, desto grösser wird demnach dx werden. Je langsamer aber die Schwingungen stattfinden, desto grösser ist auch die Zeit, welche verstreicht, bis dies dx als ein Theil des gesammten x zur Beobachtung gelangt, und während dieser Zeit verkleinert es sich fortwährend. Diese beiden Einflüsse scheinen sich nun im Mittel für eine ganze Amplitüde zu compensiren, so dass der Winkel x für verschiedene Schwingungsdauern immer der gleiche, daher die Arbeit und der Mittelwerth der dämpfenden Kraft dieselben bleiben.

Was den Durchmesser der Drähte betrifft, so scheinen mir die Beobachtungen noch zu wenig übereinstimmend, und ich ziehe es daher vor, k als eine Constante zu erklären, die für ein bestimmtes Metall in einem bestimmten Zustande und für einen bestimmten Durchmesser gilt.

Noch ein Umstand ist es, der darauf hindeutet, dass die elastische Nachwirkung mit der inneren Metalldämpfung desselben Ursprunges ist, nämlich die Abhängigkeit beider Erscheinungen von der Temperatur. Kohlrausch hat gefunden, dass die Constante der elastischen Nachwirkung mit der Temperatur rasch wächst, für die gewöhnlichen Zimmertemperaturen linear, dann aber rascher als nach dem Gesetze der einfachen Proportionalität, so dass Kohlrausch die Temperatur als die einzige Ursache der elastischen Nachwirkung betrachten will.

Bevor jedoch endgiltig entschieden werden kann, ob der angenommene Zusammenhang zwischen Metalldämpfung und elastischer Nachwirkung thatsächlich besteht, werden besonders in Bezug auf die letztere Erscheinung noch manche Fragen beantwortet werden müssen, so etwa, wie die elastische Nachwirkung von der Härte des Drahtes abhängt, ob sie auch Accommodation zeigt, wie ferner der Winkel x bei verschiedenen Bewegungsformen ausfällt u. dgl.

Auch die Beobachtungen über die Dämpfung wären noch einer bedeutenden Verbesserung fähig, nachdem die Grundeigenschaften derselben jetzt bekannt sind, und man die Beobachtungen nach einem bestimmten Plane anstellen könnte.

Bevor das empirische Materiale nicht in der angegebenen Weise bereichert ist, scheint es mir gewagt, eine Theorie dieser Erscheinungen entwickeln zu wollen, da es nothwendig würde, Voraussetzungen zu machen, die bisher noch nicht durch die Erfahrung bestätigt sind.

XI. Erklärung einiger Erscheinungen, welche mit der Metalldämpfung zusammenhängen.

Ich habe im Vorausgehenden unter Accommodation die Eigenschaft der Drähte verstanden, zufolge welcher sich der Widerstand derselben gegen Verdrehungen innerhalb der Elasticitätsgrenze vermindert, je öfter solche Verdrehungen stattfinden.

Auch durch Ausglühen wird dieser Widerstand geringer. Ein frisch gezogener Draht ist bekanntlich dichter als ein ausgeglühter; die Molecüle befinden sich daher bei ersterem näher aneinander und in einem Zustande gegenseitiger Spannung und müssen sich daher bei einer Verschiebung einen grösseren Widerstand entgegensetzen.

Wird ein frischgezogener Draht erwärmt, so wird die gegenseitige Spannung noch mehr vergrössert, was wir dadurch erfahren, dass die Dämpfung grösser wird; gleichzeitig findet in Folge dieser Spannung ein wirkliches Auseinanderrücken der Molecüle statt. Lässt man den Draht dann langsam erkalten, so rücken die Molecüle wieder zusammen, allein nicht *mehr* als es ihrem natürlichen Gleichgewichtszustande entspricht, begeben sich *nicht* mehr in den früheren Zustand der Spannung, und

wir haben daher auch einen Draht erhalten, in welchem die innere Reibung eine geringere ist.

Sowie nun durch öftere Verdrehungen innerhalb der Elasticitätsgrenze der Draht für solche Verdrehungen weicher wird, so findet das gleiche auch bei anderen Formveränderungen statt.

Es ist bekannt, dass Stahlschreibfedern durch den Gebrauch, bei welchen sich auch fortwährend kleine Formveränderungen, die sich innerhalb der Elasticitätsgrenze bewegen, erleiden, weicher werden.

Das gleiche bemerkt man bei den Sitzen eiserner Stühle, die aus Federn von Schmiedeisen oder Stahl gebildet sind. Sie verlieren durch den Gebrauch ihre Härte und verbiegen sich schliesslich.

Eine ausgedehnte Rolle spielt die Accommodation bei den musikalischen Instrumenten.

Es ist eine bekannte Thatsache, dass Trompeten, bevor sie sich für den musikalischen Vortrag eignen, erst eingeblasen, d. h. längere Zeit gebraucht werden müssen, um ihre volle Tonwirkung entfalten zu können, und um überhaupt sich leicht blasen zu lassen.

Es muss nämlich für die Tonschwingungen erst die Dämpfung verkleinert, also der Widerstand, den das Metall den Tonschwingungen entgegensetzt, vermindert werden, was dadurch geschieht, dass das Metall öfter in Schwingungen versetzt wird. Hat die Dämpfung abgenommen, so ist die Arbeit, welche der Blasende zu leisten hat, um die Schwingungen auf einer gewissen Amplitüde zu erhalten, d. h. um eine gewisse Tonstärke beizubehalten, geringer geworden.

Es kann eine Trompete, um den technischen Ausdruck zu gebrauchen, auch verblasen werden; kommt dieselbe nämlich, wenn sie neu ist, einem ungeübten Bläser in die Hände, der gewisse falsche Töne, oder Töne, die man nicht zu haben wünscht, oft bläst, so ist die Trompete verblasen. Es nimmt nämlich für diese gewissen Töne die Dämpfung ab, so dass diese Trompete in diese Schwingungen leichter zu versetzen ist als in andere, welche nicht so oft erregt wurden, und daher später es auch einem geübten Bläser sehr schwer fällt, diese falschen Töne zu vermeiden. Es gilt dies insbesondere vom sechsten Oberton.

Bei einer *C*-Trompete bilden der Grundton, die ersten fünf Obertöne und der siebente Oberton also *C*, *c*, *g*, $\bar{c}$, $\bar{e}$, $\bar{g}$, $\bar{\bar{c}}$ den *C*-dur Dreiklang. Da nun die höheren Töne schwieriger zu blasen sind, so ist auch der sechste Oberton das $\bar{b}$ leichter zu blasen als das $\bar{c}$. Das $\bar{b}$ stimmt aber nicht in den *C*-dur Dreiklang, es muss daher beim Einblasen die Vorsicht gebraucht werden, das $\bar{b}$ nicht anzublasen, um nicht die Dämpfung für dasselbe zu verkleinern, so dass später statt des gewünschten $\bar{c}$ das $\bar{b}$ erklingt.

Aus diesem Umstande folgt auch, dass es nichts nützen würde, etwa durch eine vorübergehende Erwärmung die Dämpfung des gesammten Trompetenmetalles zu verkleinern, da dieser Process auf alle Töne gleichmässig wirken würde; es kann allein richtiges Blasen den gewünschten Erfolg herbeiführen.

Die gleiche Erfahrung wie bei den Trompeten wird bei den Streichinstrumenten gemacht. Bei diesen ist es nicht die Saite, welche längeren spielens bedarf, da der Widerstand derselben gegen die Schwingungsbewegung schon wegen der geringen zu bewegenden Masse unwesentlich ist, sondern der Resonanzkasten, also der Körper des Instrumentes. Mag nun auch die Bauart des letzteren eine noch so vortreffliche sein, so ist ein längeres und gutes Spiel immer noch unverlässlich. Diese Erfahrung wurde vor mehreren Jahren an einigen Violinen von Stradiuarius gemacht, die seit der Erzeugung, also ungefähr 150 Jahre, noch nicht gespielt worden waren.

Dass es nothwendig ist, dass eine Violine gut gespielt werde, erklärt sich dadurch, dass der gute Spieler einen stärkeren Ton, also Schwingungen von grösserer Amplitüde erweckt, daher auch für diese die Dämpfung verkleinert wird, ferner erregt er nur eine gewisse Sorte von Obertönen, welche die Klangfarbe bestimmen, und nur für diese Obertöne wird die Dämpfung verkleinert. Werden durch einen schlechteren Spieler längere Zeit unrichtige Obertöne, nämlich solche, welche einen schrillen und scharfen Ton erzeugen, erregt, so bleibt durch längere Zeit die Accommodation für diese Schwingungen bestehen, und es wird anfänglich auch bei gutem Spiele nicht zu vermeiden sein, dass die Klangfarbe scharf und rauh ist. Dass durch längeres Liegen ohne Gebrauch die Vortheile des Ausspielens wieder verloren

gehen, folgt aus dem Umstande, dass die Accommodation durch Ruhen theilweise wieder verloren geht.

Dass Klaviere nicht ebenfalls nach längerem Spiele besser werden, liegt daran, dass die Mechanik des Klavieres sich abnützt. Eine wichtige Eigenschaft der Tonerregung würde man kennen lernen, wenn die Gleichung für die Arbeit einer Schwingung

$$A = k\frac{\alpha^2}{l}$$

sich auch auf Transversalschwingungen einer gespannten Saite übertragen liesse, oder für dieselben bereits aufgesucht worden wäre.

Man würde dadurch die Arbeit kennen lernen, welche zur Überwindung des inneren Widerstandes bei hohen und tiefen Tönen zu leisten ist. Man sieht auch, dass es für einen solchen Fall genügt, die Arbeit für eine ganze Amplitüde zu kennen, ohne den Ausdruck für das Element der Arbeit hinschreiben zu können. Bei den tonerregenden Schwingungen wäre freilich noch sehr zu berücksichtigen, dass ein grosser Theil der Arbeit im Luftwiderstande zu suchen ist, der ja allein die Ursache der Tonwirkung ist.

Aus dem Umstande, dass mit zunehmender Temperatur die Dämpfung so ausserordentlich rasch wächst, lässt sich vielleicht der Process des Härtens des Stahles ein wenig aufhellen. Der weiche Stahl wird erwärmt, und dadurch die Moleküle in einen Zustand von grösserer innerer Reibung gebracht; wird der heisse Stahl nun rasch abgekühlt, so haben die Moleküle nicht Zeit, vollständig diesen Zustand der grösseren inneren Reibung zu verlassen, derselbe bleibt auch theilweise noch im kalten Zustande, und wir haben dann einen harten Stahl; bekanntlich wird der Stahl auch um so härter, je rascher die Abkühlung vor sich geht.

Ich erwähne der Vollständigkeit halber hier nochmals, dass der Widerstand der Moleküle des harten Stahles gegen die Magnetisirung, und das grosse magnetische Residuum auch auf die grössere innere Reibung seiner Moleküle hinweist.

Auch eine technische Verwendung kann die Bestimmung des logarithmischen Dekrementes finden. Da dasselbe nämlich

in hohem Grade von der Härte des Metalles abhängt, so kann seine Bestimmung dazu dienen, die Homogenität der Härtung zu untersuchen. Bei den englischen Klaviersaiten konnte ich für ein und dieselbe Spule keinen Unterschied in der Härte finden, während ich bei verschiedenen Stücken ein und derselben Spule Messingdrahtes, der als Zithersaitendraht verkauft wurde, ganz merkliche Unterschiede fand.

Ich werde schliesslich noch kurz die sämmtlichen unmittelbaren Resultate der in dieser Abhandlung beschriebenen Beobachtungen zusammenfassen.

1. Das logarithmische Dekrement ist unabhängig von der Amplitude, ferner vom Trägheitsmomente, wenn zugleich entsprechend die Schwingungsdauer sich ändert, weiters unabhängig von der Länge, wenn sich ebenfalls entsprechend die Schwingungsdauer ändert, ausserdem vielleicht unabhängig, oder doch nicht bedeutend abhängig vom Durchmesser, wenn zugleich das Trägheitsmoment geändert wird, so dass die Schwingungsdauer constant bleibt, endlich auch unabhängig von der Spannung des Drahtes.

2. Das logarithmische Dekrement wächst rasch mit der Temperatur, wahrscheinlich nach der Gleichung

$$L = \alpha + \beta e^{\gamma t}.$$

3. Dasselbe nimmt ab in Folge längeren schwingens, welche Eigenschaft ich die Accommodation genannt habe. Letztere geht theilweise wieder verloren, wenn der Draht längere Zeit geruht hat, insbesondere aber, wenn derselbe inzwischen einmal in krummer Lage gewesen war.

4. Drähte in dem Zustande, in welchem sie das Zugeisen verlassen haben, zeigen ein grösseres logarithmisches Dekrement, als ausgeglühte Drähte. In Folge dessen nimmt dasselbe bei ausgeglühten Drähten wieder zu, wenn dieselben öfters mit bleibenden Veränderungen hin und her tordiert werden.

Das Schaltbrett der österreichischen Gradmessung.

Von dem c. M. Prof. Dr. **Theodor Ritter v. Oppolzer.**

(Mit 1 Tafel)

(Vorgelegt in der Sitzung am 12. März 1874.)

Bei den telegraphischen Zeitübertragungen, die bei den astronomischen Längenbestimmungen eine so wichtige Rolle spielen, bedarf man mehrfacher Hilfsapparate, um einerseits die local zu registrirenden Zeichen und andererseits die ausgesandten und empfangenen elektrischen Signale in zweckmässiger und einfacher Weise auf dem registrirenden Apparate zur Sichtbarkeit zu bringen. Ich habe alle diese Apparate und die nöthigen Commutatoren auf ein Brett befestigen lassen von 0·55 Mtr. Länge und 0·37 M. Breite und nenne den Complex dieser Vorrichtung das Schaltbrett. Dasselbe lässt sich in seiner gegenwärtigen Gestalt als Ganzes in der kürzesten Zeit in eine Kiste bequem verpacken, so dass bei der Einrichtung einer Station die Herstellung der hiefür nöthigen Verbindungen auf ein Minimum von Arbeit reducirt wird. Dieses Schaltbrett wurde von den Herren Mayer & Wolf in Wien nach meinen Angaben ausgeführt. Bei der Anordnung dieser Apparate sind gewisse Forderungen zu erreichen, und ich werde mit Hilfe der beigegebenen schematischen Zeichnung, welche Herr A. Trauč, Official bei der Wiener Telegraphendirection, gezeichnet hat, die Einrichtungen des Schaltbrettes beschreiben, die ich zur Erlangung des vorgesteckten Zieles bei der österreichischen Gradmessung eingeführt habe.

Die Begrenzung des Schaltbrettes auf der Zeichnung ist sofort ersichtlich und die ausserhalb dieser fallenden und angefügten Verbindungen sollen nur schematisch den Zusammenhang mit den übrigen Apparaten darstellen.

Die horizontal schraffirten, mit Buchstaben versehenen kleinen Flächen stellen Klemmen vor, in welche die Drähte, die zu den Hilfsapparaten leiten, eingeklemmt werden; die auf dieselben gravirten Buchstaben zeigen den Hinweis auf die herzustellende Verbindung an. Bei *A* ist das Relais, *B* ist ein Commutator, um die Richtung des das Relais und die Bussole passirenden Stromes nach Willkür zu ändern; *C* ist ein starker Rheostat, der Widerstände zwischen den Gränzen 0 und 5000 Siemens'schen Einheiten einzuschalten gestattet, *D* ist der später zu erklärende Parallaxentaster, *E* ein Commutator, der durch einen bei *a* drehbaren Hebelarm die in der Zeichnung mit 1, 2, 3, 4, 5 und 6 bezeichneten doppelten Contactstellen paarweise verbindet und je nach den drei verschiedenen Stellungen (Hebel rechts, Mitte, links) die Verbindungen für die localen Arbeiten und für den Aussandt und Empfang der Zeichen schaltet. Bei *F* endlich ist die Bussole angebracht zur Ermittlung der Stromstärke in möglichst grosser Entfernuug vom Relais, um den störenden Einfluss der Elektromagnete desselben auf die Nadel völlig unschädlich zu machen.

Bei der Construction des Schaltbrettes galt mir als Richtschnur, dass alle Ströme, die sowohl für die localen Arbeiten als auch für die Linie dienten, gleichgiltig ob dieselben ausgesandt worden oder von der anderen Station einlangen, in gleicher Stärke und gleicher Richtung die Spulen der Elektromagnete durchlaufen. Der Bedingung der gleichen Stromstärken genügen viele mir bekannt gewordene Anordnungen, der der gleichen Richtung keine[1], und dieser Umstand ist ganz wesentlich, da man sich leicht überzeugen kann, dass gleich starke aber entgegengesetzte Ströme ein Relais in ganz verschiedener Weise ansprechen und so Resultate zum Vorschein kommen, die trotz der gleichen Stromstärke unvergleichbar sind.

---

[1] Bei einer Besprechung mit Dr. Albrecht, Sectionschef bei der deutschen Gradmessung, theilte mir derselbe mit, dass, um Ströme gleicher Richtung bei der für Deutschland üblichen Anordnung der Apparate zu erhalten, daselbst die eine Station mit dem Kupferpol, die andere mit dem Zinkpol arbeitet; ich halte diese Anordnung für nicht ganz unbedenklich; doch ist dieselbe jedenfalls besser, als Ströme von verschiedener Richtung anzuwenden.

In diesem Umstande erblicke ich die Hauptquelle für manche paradoxe Resultate, die man für die Stromzeit hie und da erhalten hat. Bei der von mir gewählten Anordnung kann im Allgemeinen bei richtiger Durchführung der Operationen niemals eine negative Stromzeit auftreten, wie dies auch die Praxis bestätigt, denn unter 73 Bestimmungen der Stromzeit, die im vorigen Sommer in Österreich vorgenommen wurden, wurde die Stromzeit nur zweimal negativ gefunden, und diese Ausnahmsfälle können sich leicht erklären durch Störungen in der Isolirung der Linien während der Operationen selbst, indem die gewählte Anordnung, wie auch die anderswo gebräuchlichen Methoden, voraussetzt, dass innerhalb der wenigen Minuten, die ein Zeichenwechsel in Anspruch nimmt, der Zustand der Linie derselbe bleibt, oder vielleicht durch ein Übersehen der Beobachter in der Schaltung der Widerstände; jedenfalls ist das paradoxe Resultat der negativen Stromzeit bei dem von mir getroffenen Arrangement eine seltene Ausnahme.

Die gleiche Stromstärke in den Spulen der Elektromagnete wird erzielt durch die Einführung einer Stromspaltung, die in dem einen Arm das Relais nebst Bussole, in dem anderen einen Rheostaten enthält. So viel mir bekannt, ist die Benützung einer solchen Strombrücke zuerst von österreichischer Seite bei der Längenbestimmung Dablitz-Leipzig in die astronomische Praxis eingeführt worden, und die nunmehr fast allseitige Verwendung spricht wohl für ihre Vortrefflichkeit. Schaltet man die Widerstände der Rheostaten ganz aus, so wird der Strom, den Weg der geringsten Widerstände vorziehend, den Rheostaten der Hauptsache nach passiren und bei den verhältnissmässig grossen Widerständen, welche das Relais und die Bussole in diesem Falle bieten, nur einen kaum merkbaren Stromzweig in den anderen Stromarm abgeben. In der That hat mir ein ausserordentlich fein gestelltes Relais nicht die geringste Einwirkung gezeigt, als ich einen aussergewöhnlichen kräftigen Strom (400 Daniel'sche Elemente) durch das Schaltbrett nach Ausschaltung aller Widerstände des Rheostaten leitete. Schaltet man aber einige Widerstände in diesen Stromzweig ein, so wird sofort der Strom in dem anderen Zweige merkbarer werden und immer kräftiger werden, je mehr Widerstände man einschaltet,

so dass derselbe endlich bei sehr grossen Widerständen, die einer völligen Unterbrechung der Strombrücke gleich zu achten sind, mit seiner vollen Kraft das Relais und die Bussole durchströmt. Man sieht daher sofort ein, dass durch diese Anordnung die Möglichkeit geboten ist, jede beliebige Stromstärke innerhalb der Grenzen 0 und der gegebenen vollen Stromstärke durch das Relais zu senden.

Da man im Allgemeinen bei den hier in Betracht kommenden Fällen mit langen Leitungen zu thun hat, so erscheint es keineswegs gerathen, und ist sogar in vielen Fällen unthunlich, die oft recht schwach einlangenden Ströme unmittelbar in die zeichenschreibenden Apparate zu leiten, sondern man ist genöthigt, dieselben vorerst auf ein Relais wirken zu lassen, welches dann eine verhältnissmässig kräftige Localbatterie in Wirksamkeit versetzt. Damit nun die hiedurch nothwendig auftretende Relaisverzögerung unschädlich gemacht wird, habe ich die Anordnung so getroffen, dass bei allen Operationen, selbst bei den localen, die Zeichen durch die Vermittlung desselben Relais gegeben werden, wodurch im Allgemeinen nahe gleich grosse Verzögerungen eingeführt werden, die gleichmässig sowohl die Operationen der Zeitbestimmungen als auch die der Uhrvergleichungen trifft, also unschädlich aus dem Resultate der Differenzen der Uhrstunde hinausfällt.

Im Ganzen kommen vier Batterien in Anwendung, wovon eine die Linienbatterie ist, und drei weitere localen Zwecken genügen. Die Linienbatterie ist mit ihrem Kupferpol mit der Klemme *gK* (grosses Kupfer) in Verbindung, mit dem Zinkpol mit der Erde, mit welch' letzterer ebenfalls die Klemme *E* (Erde) verbunden wird. Wir wenden im Allgemeinen 200 Daniel'sche Becher für dieselbe an; eine weitere Steigerung der Zahl derselben erwies sich in den Versuchen des letzten Sommers als völlig nutzlos, ein Resultat welches mit anderweitigen theoretischen Betrachtungen zusammentrifft.

Die erste locale Batterie, deren Kupferpol mit der Klemme *kK* (kleines Kupfer) und deren Zinkpol mit *kZ* (kleines Zink) zu verbinden ist, setze ich aus zwei Meidinger'schen Elementen zusammen. Die Meidinger'schen Elemente sind nach meiner Ansicht wegen ihrer ausserordentlichen Constanz und Dauer

der Wirkung zu localen Zwecken, wo nicht aussergewöhnlich grosse Widerstände zu überwinden sind, allen übrigen Combinationen vorzuziehen. Diese Localbatterie könnte durch die Linienbatterie ersetzt werden; der durch die letztere erzeugte ausserordentlich starke Localstrom würde eine Stromregulirung mit Hilfe des Rheostaten sehr schwierig gestalten und bei der geringsten Schwankung in den eingeschalteten Widerständen, die allein durch geringe Temperaturänderungen erzielt werden können, starke und unzulässige Stromschwankungen in dem Relaisstrome veranlassen; ferner würde dadurch die Linienbatterie zu einer ganz enormen und überflüssigen Arbeitsleistung herangezogen werden und endlich könnten bei einem geringen Versehen in der Schaltung der Widerstände so starke Ströme durch das Relais gejagt werden, dass dasselbe unmittelbar wesentlichen Schaden leiden könnte, jedenfalls aber würde ein lästiger, schwer entfernbarer permanenter Magnetismus in den Elektromagneten erzeugt werden. Diesen letzteren Nachtheil kann man mit Hilfe des Commutators *B* theilweise unschädlich machen, indem man durch die mit invers angezeigte Stiftstellung leicht einen Strom in entgegengesetzter Richtung durchsenden kann und dadurch die Wirkung des permanenten Magnetismus entfernt wird. Doch hat dieses Verfahren in diesen Fällen einige Schwierigkeit, indem es den Anschein hat, als ob nicht der permanente Magnetismus vertilgt, sondern nur durch entgegengesetzten paralysirt wird. Man wird nämlich bei einem solchen Relais, welches einen starken permanenten Magnetismus zeigte und derselbe durch entgegengesetzte Ströme getilgt wurde, ausserordentliche Schwierigkeiten finden, dasselbe fein zu stellen, eine Forderung, der, wie es sich weiter unten zeigen wird, in vollem Masse genügt werden muss. Diese Gründe veranlassten mich also, für die localen Arbeiten eine schwache Batterie sehr constanter Natur zu wählen, wodurch gleichzeitig die Möglichkeit geboten wurde, die Schaltung so einzurichten, dass die Linienbatterie niemals local geschlossen werden kann.

Die dritte Batterie, die mit dem Kupferpol zur Klemme *uK* (Uhr-Kupfer) und dem Zinkpol zu *uZ* (Uhr-Zink) geführt wird, hat den Zweck, die durch die Uhr bewirkten Contacte auf den Registrirapparat zu übertragen, also die sichtbare Zeitscala zu

bilden. Ich setze dieselbe gewöhnlich aus vier Meidinger'schen Elementen zusammen und verbinde die Pole derselben mit einem verhältnissmässig starken Widerstand. Diese Verbindung schwächt der Erfahrung gemäss den sonst beim Contact und bei der Unterbrechung auftretenden Funken und es erhalten sich so die Contactflächen lange sehr blank und rein. Dieser Umstand scheint mir ganz wesentlich in den Fällen zu sein, wo die Herstellung des Contactes mit sehr geringen Kräften zu Stande kommt, wie z. B. bei den Uhrcontacten. Bei den vorausgehend erwähnten Batterien wende ich diese Widerstände niemals an, da bei der Linienbatterie wohl kaum dieses Verfahren mit Erfolg angewendet werden könnte und überhaupt bei diesen Batterien die Contacte durch den kräftigen Fingerdruck erzeugt werden, also kleine Unreinlichkeiten durch den Druck selbst entfernt werden.

Die vierte, ebenfalls aus vier Meidinger'schen Bechern zusammengesetzte Localbatterie ist eine solche im gewöhnlichen Sinne des Wortes, indem dieselbe die Relaiscontacte auf die Zeitscala als Signale überträgt; die Pole dieser Batterie sind ebenfalls durch starke Widerstände verbunden, da der Relaiscontact ebenfalls nur mit geringer Kraft zu Stande kommt; der Kupferpol steht mit der Klemme *sK* (Signalkupfer), der Zinkpol mit *sZ* (Signalzink) in Verbindung.

Durch die Anführung der Drahtverbindungen der Batterien mit dem Schaltbrette ist eine Reihe von Klemmungen ihrer Bedeutung nach bekannt geworden. Die noch nicht angeführten Verbindungen sind die folgenden. Die Klemme *L* steht mit der Linie in Verbindung, doch habe ich einen in der Zeichnung nicht aufgeführten Commutator eingeschaltet, der die Linie entweder mit dem Schaltbrette oder dem telegraphischen Sprechapparate in Verbindung setzt; letztere ist stets hergestellt mit Ausnahme der Zeit während eines Signalwechsels. Die zwei mit *uR* bezeichneten Klemmen führen zu den Registrirspulen der Uhr, die Klemmen $+U$ und $-U$ sind mit dem Contactwerke der Uhr in Verbindung zu setzen, welche jede zweite Sekunde einen Stromschluss bewirkt; die Markirung jeder Sekunde erscheint bei der Schwierigkeit, in diesem Falle Sekundenmarken von völlig gleicher Länge zu erhalten, minder vortheilhaft. Verfolgt man die

zwischen den Klemmen *uK*, *+U*, *—U*, *uR*, *uR*, *uZ* hergestellten Verbindungen, so sieht man sofort, dass, falls die Uhr einen Contact gibt, ein Stromschluss hergestellt ist, der die Uhrspulen des Registrirapparates umkreist.

Die Klemmen *T* führen zu dem in Händen des Beobachters befindlichen birnförmigen Taster, der durch Druck einen Contact der beiden Klemmen *T* herstellt. Endlich führen die in *sR* eingeklemmten zwei Drähte zu den Signalspulen des Registrirapparates; aus den mit dem Relais hergestellten Verbindungen erkennt man sofort, dass der Schliessungsbogen der Signalbatterie hergestellt wird, sobald der Anker des Relais angezogen wird; also jeder Strom, der das Relais anspricht, löst die Wirkung der Localbatterie aus.

Indem so die Klemmen nebst den zugehörigen Drahtverbindungen erklärt sind, wird die Bedeutung der übrigen Verbindungen im Schaltbrett leicht verständlich sein; der Schalter *E* bedarf jedoch einer näheren Erklärung, indem es der Apparat ist, der die Verbindungen nach Massgabe des vorliegenden Zweckes herstellt. Er besteht aus einem um den Punkt *a* horizontal drehbaren Hebel, der an den zwei nicht schraffirten Stellen nach abwärts schleifende von einander isolirte Neusilberfedern trägt, welche die unterhalb liegenden Contactpaare untereinander verbinden. Das Brett selbst zeigt sechs solche Contactpaare, die der Reihe nach mit 1, 2, 3, 4, 5, 6 bezeichnet sind; jede Contactstelle eines solchen Paares ist isolirt und die Verbindung geschieht erst durch die früher erwähnten schleifenden Federn.

Dreht man den Hebel nach links bis zu einem Anschlagestift, so ist die Stellung für den Empfang der Zeichen hergestellt, die Contacte des Paares 1 und des Paares 2 sind vereinigt. Drängt man den Hebel nach rechts ebenfalls bis zu einem Anschlagestift, so sind die Paare 5 und 6 je miteinander vereinigt und jene Stellung erzielt, welche die localen Arbeiten ermöglicht. Endlich in der Mittelstellung, wo die Paare 3 und 4 je miteinander verbunden sind, ist jene Anordnung erreicht, die für den Aussandt der Zeichen nothwendig ist, wo also der in die Linie gesandte Strom in der eigenen und fernen Station Signale gibt. Auf einem unter dem Hebel angebrachten Bogen sind die Stellungen durch

die Aufschriften: „Empfang, Aussandt und Local“ kenntlich gemacht.

Ich will nun den Weg verfolgen, den der Strom bei localen Arbeiten zu durchlaufen hat. Der Hebel ist nach rechts geschoben (Local), der Kupferpol der Linienbatterie, der zum Paare 3 führt, ist isolirt; der Kupferpol der kleinen Batterie (*kK*) sendet aber seinen Strom zum, nun durch die Schleiffeder vereinigten, Paare 5, und findet da zwei Wege. Der eine Draht führt zum Contacte *d'* des Parallaxentasters und ist daselbst isolirt, wie sich dies aus der späteren Beschreibung dieses Apparates ergeben wird; der Strom findet aber über den unteren Contact des Paares 3 zur rechts gelegenen Klemme *T* seinen Weg; gibt man mit dem Taster den Contact, so gelangt der Strom zur zweiten *T*-Klemme und theilt sich bei *b* in zwei Zweige; der eine Ast führt durch den Rheostaten zum Punkte *c*, der andere Ast erreicht denselben Punkt, nachdem er den Commutator *B*, das Relais *A* und die Bussole *F* bei richtiger Stöpselung des ersteren durcheilt hat. Die hiebei angewandte Verbindung macht das beigegebene Schema deutlich, unter dem Commutator *B* ist der Erfolg der verschiedenen Stöpselung desselben auf dem Schaltbrette aufgezeichnet; die Stöpslung invers verkehrt die Stromrichtung gegen die Stöpslung direct; stehen die Steckstifte nebeneinander, so ist dieser Stromast unterbrochen; stehen dieselben übereinander, so gelangt der Strom nach *c*, ohne das Relais und die Bussole zu passiren. Der bei *c* vereinigte Strom gelangt über den unteren Contact von 2 und 4 zum, durch die Schleiffeder vereinigten Paare 6 und findet von da ab seinen Weg zum Zinkpol (*kZ*) der zugehörigen Batterie. Es erscheint hiemit der Stromkreis geschlossen, sofern im Taster der Contact durch den Fingerdruck hergestellt ist. Die durch den Rheostaten *C* vermittelte Strombrücke gestattet die Regulirung des Relaisstromes in der oben ausführlich erörterten Weise. Betrachten wir für einen Augenblick die Contacte *d* und *d'* des Parallaxentasters, so wird man sofort beim Verfolgen der hergestellten Verbindungen gewahr werden, dass eine leitende Verbindung der Punkte *d* und *d'* im Erfolge mit einem Tasterschlusse (Verbindung der beiden Klemmen *T*) völlig identisch ist und dass ganz dieselbe Stromtheilung wie früher stattfindet.

Ist der Schalter *E* in seiner Mittelstellung (Aussandt), so sendet der Kupferpol der Linienbatterie seinen Strom durch das Contactpaar 3 zur rechten Tasterklemme. Stellt man den Contact im Taster her, so gelangt der Strom nach *b*, theilt sich daselbst wie früher in zwei Arme, die sich bei *c* vereinigen, gelangt über den unteren Contact des zweiten Paares nach 4 und findet da seinen Weg zur Linie und hiermit zur Erde der nächsten Station. Da dieser Strom ebenfalls mit einem seiner Stärke nach regulirbaren Zweig das Relais durcheilt, so gibt bei dieser Schaltung ein Taster ein Signal, welches sich local und in der entfernten Station abbildet. Man wird beachten, dass auch in diesem Falle die Verbindung der Punkte *d* und *d'* am Parallaxentaster ähnliche Erfolge erzielen würde.

Erwartet man endlich Signale von der anderen Station, so hat man den Schalthebel nach links zu drängen (Empfang). Der durch die Linie einlangende Kupferstrom findet seinen Weg zum Contactpaare 1 und von da nach *b* und sendet hiebei bei *f* einen Stromzweig durch den Rheostaten nach *c*, welchen Punkt der bei *b* angelangte Strom nach Passirung des Commutators *B*, des Relais und der Bussole ebenfalls erreicht. Von *c* gelangt der Strom vereinigt zum Paare 2 und findet von da ab seinen Weg zur Erde. Sollte die signalgebende Station aus Versehen, was seit Einführung der Hughes-Apparate nicht ganz unmöglich ist, den Zinkpol mit der Linie in Verbindung gebracht haben, so wird man leicht mit Hilfe des Commutators *B* die verlangte Stromrichtung herstellen können.

Es erübrigt nur noch die Erklärung des Parallaxentasters *D*. Der Parallaxentaster besteht aus zwei der Länge von einander isolirten Hälften; die Contacte *d* und *e* sind mit den rückwärtigen Theilen des Tasters in permanenter Verbindung; die Contacte *d'* und *e'* sind Federn, die mit Hilfe einer Schraube, bis auf unmerkliches, in gleiche Höhe gebracht werden können. Drückt man nun durch einen raschen Schlag den Parallaxentaster nieder, so kann man bis auf geringe Bruchtheile der Tausendtheile der Sekunde annehmen, dass die Contacte *dd'* und *ee'* gleichzeitig in Verbindung gebracht werden. Die Verbindung der Punkte *d* und *d'* ist einem Tasterdrucke, wie oben gezeigt wurde, gleichwerthig, die der Punkte *e* und *e'* aber einem Uhrcontacte, wie

dies die Verfolgung der angezeigten Verbindungen anschaulich macht. Ein Schlag demnach mit dem Parallaxentaster schliesst also gleichzeitig den Signal- und Uhrstrom und erzeugt daher auf dem Papierstreifen zwei Signale, eines mit der Signalfeder und eines mit der Uhrfeder, die der Gleichzeitigkeit entsprechen. (Die gewählte Ausdrucksweise gilt eigentlich für einen Hipp'schen Registrirapparat, aber kann mit ganz geringen Veränderungen im Ausdrucke für jede Art der Registrirapparate umgesetzt werden.) Der Unterschied der beiden Zeichen auf dem Papierstreifen ist bedingt durch die verschiedene Stellung der Federn und überdies durch die verschieden verzögerte Wirkung der Anker, die einerseits der Uhrstrom, andererseits der Signalstrom anziehen; überdies erscheint das letztere Signal durch die Interpolation des Relais etwas mehr verzögert. Die Summe aller dieser Unterschiede, die also durch die directe Nachmessung erlangt wird, bezeichne ich als Federnparallaxe. Man ist demnach, so lange der Uhrstrom constant bleibt, was übrigens bei der Wahl von Meidinger-Elementen ohne Controlle als richtig angenommen werden kann, in der Lage, durch den Parallaxentaster alle Verzögerungen gegen die Zeitscala zu bestimmen, und durch Abzug dieser Quantität die Resultate der Beobachtung in strenge Relation mit der thatsächlichen Zeitscala zu bringen; auch allenfällige Änderungen in der Stärke des Relaisstromes können unschädlich gemacht werden durch diesen Apparat, wenn man nur die Parallaxe für diese veränderte Stromstärke bestimmt. Diese Einrichtung des Parallaxenschlüssels bietet viele Vortheile, die ich später theilweise aufzeigen werde, und kann zu einer Reihe von sehr instructiven Experimenten dienen, die ich aber hier als nicht unmittelbar zur Sache gehörig übergehe.

Indem so die Beschreibung des Schaltbrettes vollendet ist, kann ich auf den Gebrauch, den ich von demselben im verflossenen Sommer bei der Gradmessung machen liess, übergehen, nur möchte ich noch hervorheben, dass ich durch die gewählte Anordnung es erreicht habe, dass keine einzige Kreuzung von Drähten innerhalb des Schaltbrettes vorkommt; eine fehlerhafte und schadhaft gewordene Isolirung der übersponnenen Leitungsdrähte ist demnach ohne Bedeutung, und ein Versagen in dieser Richtung kaum denkbar; ich habe deshalb, um die

Drähte vor dem Zerreissen durch äussere Störungen zu schützen, dieselben unterhalb des Schaltbrettes anbringen lassen, und dieselben durch ein darüber geschraubtes Brett völlig geschützt.

Es wird bei den von uns ausgeführten Zeichenwechseln als feste Regel angenommen, stets mit denselben Stromstärken zu arbeiten, doch sieht man sofort ein, dass die Benützung des Parallaxentasters die nachtheilige Wirkung allfälliger Stromänderungen unschädlich machen kann. Beim Beginn des Zeichenwechsels gibt, um die Abgleichung der Ströme zu erzielen, zuerst die östliche Station durch 1 Minute Stromschluss; die östliche und westliche Station reguliren mit Hilfe der Bussole ihre Widerstände so, dass die für die localen Arbeiten benützten Stromstärken das Relais ansprechen. Hierauf gibt die westliche Station Stromschluss und die Regulirung der Widerstände wird in ähnlicher Weise vollzogen. Die sich nothwendig erweisenden Widerstände werden notirt, um bei der Benützung rasch und sicher wieder dieselben Stromstärken für's Relais zu erhalten. Man könnte von dieser Regulirung eigentlich absehen, wenn man jede Zeichenreihe mit der durch den Parallaxentaster ermittelten Parallaxe corrigiren würde. Um die Parallaxe mit dem einlangenden Strome schlagen zu können, müsste die entfernte Station permanenten Stromschluss geben und die Linie müsste mit dem in der Zeichnung links gesetzten *T*-Klemme in Verbindung gebracht werden bei Schaltung auf Empfang. Doch ist dieses Verfahren nicht gerade bequem, indem es vorerst eine längere Benützung der Linie und ferner eine Umschaltung der Drähte erfordert, die übrigens leicht durch einen einfachen Commutator sehr erleichtert werden könnte; ausserdem, und dies ist die Hauptsache, würde das Relais wohl kaum für sehr verschiedene Stromstärken mit gleicher Sicherheit wirken, man wäre unter Umständen gezwungen, an demselben Änderungen vorzunehmen, was immer recht misslich ist. Schliesslich werde ich weiter unten zu zeigen Gelegenheit haben, dass es im hohen Grade zweifelhaft ist, ob die auf dem letzteren Wege erlangte Parallaxe der Federn in der That jenen Werth hat, der mit den einlangenden Zeichen in Verbindung gebracht werden kann. Ich ziehe es demnach als bei weitem bequemer vor, das erste Verfahren anzuwenden, nämlich die Abgleichung der Ströme, da man in der

That das Relais in diesem Falle völlig unberührt wirken lassen kann.

Die Möglichkeit der Stromausgleichung gibt dieser Methode des Zeichenwechsels den Vorzug vor derjenigen, nach welcher die Sternantritte von den Beobachtern gleichzeitig auf beiden Stationen auf den Streifen registrirt werden, indem der Zustand der Leitung keineswegs ein so permanenter ist, dass nicht selbst nach kurzer Zeit völlig abgeglichene Ströme es nicht mehr sind, abgesehen von der langen Benützung der Linien, zu der sich schwerlich die Telegraphen-Administrationen allzuhäufig entschliessen könnten. Den Vortheil, den diese Registrirmethode sonst gewährt, dass man den relativen Uhrgang mit grosser Sicherheit erhält, habe ich dadurch erreicht, dass an den Beobachtungsabenden zwei Signalwechsel vorgenommen werden, welche im Allgemeinen die Zeitbestimmungen umschliessen.

Sind die Stromstärken in der oben angedeuteten Weise abgeglichen, so gibt beim Zeichenwechsel die östliche Station eine Reihe von Signalen, die auf der eigenen Zeitscala (Aussandt) und in der westlichen Station (Empfang) erscheinen; hierauf gibt die westliche Station eine ähnliche Reihe, nachdem sie für Aussandt geschaltet hat, während die östliche den Empfang vorbereitet hat. Dieser Vorgang wird nach einer kurzen Pause wiederholt, nur mit dem Unterschiede, dass jetzt die westliche Station den Anfang macht.

Diese vier Zeichenreihen geben ebensoviele Uhrvergleichungen, die aber nicht unmittelbar vergleichbar sind; nur die erste und vierte und ebenso die zweite und dritte Reihe, werden, wenn alles richtig geschaltet ist und die wegen Uhrgang erforderlichen Correctionen angebracht sind, identische Resultate geben. Um die hier obwaltenden Verhältnisse zu übersehen, sollen die folgenden Betrachtungen hier vorgenommen werden. Sei l der Längenunterschied, als positive Grösse aufgefasst, so werden die für Uhrstand und Uhrgang corrigirten Differenzen der Uhrzeiten im Sinne östliche — westliche Station genommen, den Längenunterschied l geben. Bildet man in diesem Sinne die sich ergebenden Längenunterschiede aus der ersten und vierten Reihe (l_1) und aus der zweiten und dritten Reihe (l_2), so wird offenbar, da die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Stromes nicht unendlich

gross sein kann, das erstere Resultat um die Stromzeit (s) zu klein, das zweite wo die westliche Station das Zeichen gibt, um dieselbe Quantität zu gross sein, wenn man annimmt, dass der Strom mit gleicher Geschwindigkeit sich hin und zurück fortpflanzt. Man hat daher vorerst die beiden Relationen, die übrigens noch einiger Verbesserungen bedürfen.

$$l_1 = l - s$$
$$l_2 = l + s$$

Die Uhrstände und die Signale des Zeichenwechsels sind aber erhalten worden durch Bestimmungen, die für Federnparallaxen corrigirt sind, die aus localen Arbeiten ermittelt sind. Nehmen wir vorerst aber an, dass die Ströme abgeglichen sind in der oben angegebenen Weise, und machen wir die sich nachträglich als falsch erweisende Voraussetzung, dass Ströme von gleicher Intensität die gleiche Wirkung auf das Relais ausüben, gleichgiltig ob diese Ströme lange Linien passirt haben oder nicht, so haben wir für die Länge und für die Stromzeit das Resultat

$$l = \tfrac{1}{2}(l_1 + l_2)$$
$$s = \tfrac{1}{2}(l_2 - l_1),$$

Relationen, welche in dieser Form gewöhnlich angewendet, die aber wenigstens für die Bestimmung der Stromzeit nicht völlig richtig sind und in dieser Form nur für die Stromzeit eine obere Grenze, also für die Fortpflanzungsgeschwindigkeit eine untere Grenze ergeben.

Mag man ein Relais stellen so fein als möglich, es wird immerhin einer gewissen Stromstärke i bedürfen, ehe dasselbe angesprochen wird. Sind die benützten Stromstärken grösser als i, so wird ohne Frage das Relais wirken. Erreicht ein Strom sofort nach Schliessung die Stärke i oder einen grösseren Werth, so wird das Relais sofort ansprechen plus eine kleine, durch die Trägheit veranlasste Verzögerung. Nun aber ist es eine bekannte Thatsache, dass Ströme nicht momentan ihren Maximalwerth nach Schluss erhalten, sondern hierzu einer endlichen Zeit bedürfen; Ströme, die wenig Widerstände zu überwinden haben, schwellen fast momentan an, Ströme, die viel Widerstände zu

überwinden haben, langsam, ja unter Umständen so langsam, dass die Zeit bis zum Erreichen des Maximalwerthes nach Sekunden gemessen werden kann. Wendet man diese Erfahrung auf unseren Apparat an, so sieht man sofort, dass die Abgleichung der Ströme auf diesen Umstand nicht Rücksicht nimmt, das Relais wird jedenfalls erst dann ansprechen, wenn die Stromintensität beim Anschwellen desselben den Werth i erreicht. Diesen Werth wird aber bei localen Arbeiten der Strom fast momentan erlangen; beim Aussandt der Zeichen, wo durch die unvermeidlichen Isolirungsfehler der Linie für den starken Strom verhältnissmässig wenig Widerstände zu überwinden sind, wird ebenfalls die Erreichung des Werthes i nicht lange auf sich warten lassen; aber beim Empfang der Zeichen, wo ein Strom einlangt, nach Überwindung ganz beträchtlicher Widerstände, da wird das Anschwellen desselben langsam vor sich gehen und unter Umständen eine ganz merkbare Zeit verfliessen, ehe die Stromstärke i, die das Relais in Wirksamkeit versetzt, erreicht wird. Der Strom steigt in den drei in Betracht kommenden Fällen der Reihe nach bei Local, Aussandt und Empfang immer langsamer an, ehe er den permanenten Zustand erlangt. Man käme daher auf das schon oben erwähnte Verfahren zurück, dass es wohl am geeignetsten wäre, die Parallaxe der Federn mit dem Parallaxentaster für jede Reihe zu bestimmen bei übrigens möglichst ausgeglichenen Stromstärken; und in der That hätte es keine theoretischen Bedenken, wenn man beim Aussandt der Zeichen die zugehörige Parallaxe schlagen würde, dieselbe würde sich aber im Allgemeinen bei den Verhältnissen, wie dieselben durch oberirdische Leitungen geboten werden, wenig von den local erhaltenen unterscheiden. Bei Kabelleitungen, die vollkommen isolirt sind, wird im Allgemeinen dieses Verhältniss nicht gelten. Für den Empfang der Zeichen kann aber mit Recht bezweifelt werden, dass ein in der entfernten Station geschlossener Strom in der Empfangstation ebenso rasch ansteigt, als wenn die entfernte Station permanenten Stromschluss gibt, und der Strom in der Empfangsstation durch den Parallaxentaster in Thätigkeit gesetzt wird; denn man muss doch wohl voraussetzen, dass die durch den Stromschluss in der entfernten Station im Drahte erzeugte elektrische Spannung bis zur Contact-

stelle des Parallaxentasters vordringt, da ja sonst der Contact mit demselben keine Störung des Gleichgewichtes hervorbringen könnte, also voraussichtlich im Falle des Parallaxenschlagens mit dem Strome der fernen Station, der so ausgelöste Strom ein viel rascheres Ansteigen der Intensität, wenigstens im ersten Momente, zeigen wird, als der durch Contact in der fernen Station hergesandte Strom. Es lassen sich allerdings Hilfsapparate angeben, die eine Bestimmung dieser Quantitäten beschaffen, also zur Kenntniss der thatsächlichen Stromzeit führen, doch ist die Anwendung derselben zu complicirt, als dass man dieselbe bei Längenbestimmungen verwenden könnte, übrigens ist der nachtheilige Einfluss dieser Fehlerquelle auf die Länge selbst ein sehr geringer. Bezeichnet man daher den Überschuss der Relaisverzögerung gegen die locale Verzögerung beim Aussandt mit ${}_{e}r$, beim Empfang mit ${}_{a}r$ und unterscheidet durch einen weiteren Index die zur östlichen Station gehörigen Werthe mit o, die zur westlichen mit w, so hat man die oben ausgestellten Relationen, wie folgt, umzusetzen:

$$l_1 = l - s + {}_{a}r_o - {}_{e}r_w$$
$$l_2 = l + s + {}_{e}r_o - {}_{a}r_w$$

Man wird zu beachten haben, dass diese Überschüsse der Relaisverzögerungen nach den obigen Betrachtungen an sich positive Grössen sein müssen, und dass nothwendig auch ebenso die Differenzen

$${}_{e}r_o - {}_{a}r_o \quad \text{und} \quad {}_{e}r_w - {}_{a}r_w$$

positiv sein müssen, da der Reihe nach das Ansteigen des Stromes langsamer ist wie bei Localschluss, beim Aussandt und Empfang. Wäre das Gesetz des Ansteigens der Stromstärke von Fall zu Fall bekannt, so könnte man dadurch, dass man die wirkenden Ströme nicht ausgleicht, sondern für die drei oben erwähnten Fälle der Reihe nach immer entsprechend stärker wählt, die völlige Elimination dieses Fehlers bewirken; doch fehlen in den vorliegenden Experimenten die hiefür nöthigen Prämissen.

Man hat daher zur Bestimmung der Länge und der Stromzeit die Gleichungen

$$l = \tfrac{1}{2}(l_1+l_2)+\tfrac{1}{2}[({}_e r_w+{}_a r_w)-({}_e r_o+{}_a r_o)]$$
$$s = \tfrac{1}{2}(l_2-l_1)-\tfrac{1}{2}[({}_e r_w-{}_a r_w)+({}_e r_o-{}_a r_o)],$$

wobei die in den eckigen Klammern stehenden Ausdrücke unbekannte sind, und auch nicht bei Längenbestimmungen ohne grosse Schwierigkeit ermittelt werden können. Ich werde weiter unten auf die Hilfsmittel aufmerksam machen, die ich anwende, um wenigstens das Resultat l möglichst von dieser Fehlerquelle zu befreien; vorerst möchte ich aber auf die Relation für die Stromzeit aufmerksam machen; der in der eckigen Klammer stehende Ausdruck ist nothwendig nach den gemachten Auseinandersetzungen positiv, es wird demnach die durch den Ausdruck $\frac{1}{2}(l_2-l_1)$ gefundene Stromzeit zu gross sein, also die Bestimmung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Stromes auf diese Weise nur zu einer unteren Grenze für dieselben führen. Sind die zu überwindenden Widerstände sehr gross, so wird der Unterschied zwischen ${}_e r$ und ${}_a r$ zu einer bedeutenden Grösse anwachsen und aus diesem Umstande erkläre ich es mir, dass bei der Längenbestimmung zwischen Wien und Paris die Zeit der Fortpflanzung der Signale mit Einschaltung eines d'Arlincourt Translators in Bregenz oft kleiner ausgefallen ist als bei directer Verbindung, indem die durch den Translator bewirkten Verzögerungen mehr den durch die kräftigeren Ströme an Grösse noch geringeren Relaisverzögerungen überwogen wurden durch die Zunahme der Differenz dieser beiden Verzögerungen, bewirkt durch das langsame Ansteigen des einlangenden directen Stromes.

Was nun die Bestimmung der Länge aus den obigen Gleichungen anlangt, so habe ich die Anordnung getroffen, dass die beiden völlig gleichen Apparate auf beiden Stationen auf nahe gleiche Stromstärken mit derselben Feinheit regulirt werden, es werden demnach die Werthe r_o und r_w auf beiden Stationen voraussichtlich wenig verschieden sein, demnach in der halben Differenz auf l ohne wesentlichen Nachtheil übergehen. Zur Abschätzung dieser Fehlerquelle in ihrer Maximalwirkung kann man beachten, da doch s nicht kleiner als Null sein kann, und wenn man auch den ganzen Fehler der Verzögerung auf eine Station überträgt, dass der Fehler in Länge niemals die Grösse $\frac{1}{2}(l_2-l_1)$ überschreiten kann; also bei der gewählten Anordnung

gewiss völlig unmerklich wird. Um aber diese Fehlerquelle auf ein Minimum herabzudrücken, befolge ich als feste Regel, das Relais stets so fein als möglich zu reguliren (die Fallhöhe des Ankers ist kleiner als 0·1 Millimeter), so dass das Relais schon bei vielmal schwächeren Strömen anspricht, als dieselben in Anwendung gelangen; mit einiger Übung wird die Fertigkeit für die Regulirung bald erlangt. So z. B. regulire ich das Relais so, dass derselbe bei unseren recht empfindlichen Bussolen schon bei 2° Nadelausschlag anspricht und noch nicht seine Dienste versagt, wenn der Nadelausschlag auf 20° ansteigt; die zur Verwendung gelangende Stromstärke ist dann gewöhnlich bei 12°, welche wohl bei nicht allzulangen Linien leicht genug erlangt werden kann; für Wien—Paris allerdings müsste man sich oft mit Strömen von 4° Nadelausschlag begnügen. Durch diesen Versuch werden die Differenzen zwischen ${}_{e}r - {}_{a}r$ wohl auf ein Minimum herabgedrückt, besonders wenn man bedenkt, dass das Ansteigen des Stromes im Anfang am raschesten stattfindet; und man darf dann wohl behaupten, dass das Resultat der Länge nicht merkbar durch diese Fehlerquelle beeinflusst ist.

Um einige Resultate, die das Schaltbrett im Vorjahre geliefert hat, anzuführen, will ich die Stromzeiten mittheilen, die sich auf den vier österreichischen Telegraphen-Linien zwischen Wien—Pola, Wien—Bregenz, Kremsmünster—Pola und Pola—Bregenz während der diesbezüglichen Längenbestimmungen ergeben haben.

Es fanden sich:

Wien—Pola.

Datum	Wiener Uhrzeit	Stromzeit
1873 Juli 14	17h 32m5	+0·046
„ 14	21 10·4	+0·057
„ 15	17 34·7	+0·005
„ 16	17 5·2	+0·024
„ 16	21 5·9	+0·027
„ 17	17 13·9	+0·013
„ 17	20 43·9	+0·022
„ 18	17 2·0	+0·029
„ 18	20 34·7	+0·026
„ 19	17 49·6	+0·026
„ 21	18 36·2	+0·034
„ 22	17 12·7	+0·049
„ 22	20 31·4	+0·038
„ 25	17 40·0	+0·017
„ 25	21 14·2	+0·042
„ 26	17 41·5	+0·028
„ 26	21 14·0	+0·013
„ 27	18 31·7	+0·004
„ 27	21 12·5	+0·031
„ 28	18 4·0	+0·038
„ 28	21 16·8	+0·045
„ 29	18 18·1	+0·017
„ 29	21 46·7	+0·023
	im Mittel....	+0·028
	wahrscheinliche Fehler....	±0·002

Länge der Linie 109 geographische Meilen.

Kremsmünster—Pola.

Datum	Polaner Uhrzeit	Stromzeit
1873 August 5	22h 31m7	+0·041
„ 8	18 28·2	+0·038
„ 8	22 0·8	+0·050
„ 12	19 15·0	+0·057
„ 12	22 14·9	+0·046
„ 13	18 22·7	+0·030
„ 14	18 49·1	+0·018
„ 15	19 50·3	+0·031
„ 15	21 49·6	+0·030
„ 15	23 22·0	+0·037
„ 17	19 23·3	+0·066
„ 17	22 7·2	+0·024
	im Mittel....	+0·039
	wahrscheinliche Fehler....	±0·003

Länge der Linie 142 geographische Meilen.

Wien — Bregenz.

Datum			Wiener Uhrzeit	Stromzeit
1873	Septemb.	5	20h 23m 5	+0·056
	„	6	20 22·0	+0·017
	„	9	20 59·2	+0·014
	„	12	20 30·2	+0·012
	„	12	0 35·4	+0·022
	„	13	20 44·2	+0·010
	„	13	0 29·4	+0·023
	„	13	1 53·4	+0·004
	„	14	20 23·7	+0·025
	„	16	20 0·2	+0·023
	„	17	20 37·1	+0·057
	„	18	21 21·7	+0·025
	„	19	20 35·8	+0·046
	„	20	20 31·4	+0·024
	„	20	0 28·2	+0·065
	„	21	20 43·0	+0·042
	„	21	0 54·5	+0·024
	„	24	20 54·3	+0·032
	„	24	0 34·9	+0·037
	„	25	20 53·0	+0·010
	„	25	0 41·3	+0·026
	„	26	21 30·8	−0·006
	„	26	0 53·8	+0·017
	„	27	21 29·3	+0·002
	„	27	1 49·6	+0·054
	„	28	21 27·1	−0·015
	„	28	2 6·7	+0·027
	„	29	21 29·5	+0·045
	„	29	0 34·1	+0·019
	October	1	21 43·4	+0·028
	„	1	0 29·7	+0·042
	„	2	22 15·9	0·000
	„	2	1 56·5	+0·027
			im Mittel....	+0·025
			wahrscheinliche Fehler....	±0·002

Länge der Linie 106 geographische Meilen.

Pola — Bregenz.

Datum			Polaner Uhrzeit	Stromzeit
1873	October	6	23h 24·6	+0·024
	„	7	22 22·6	+0·013
	„	7	22 30·9	+0·032
	„	7	0 51·4	+0·005
	„	7	0 57·6	+0·039
			im Mittel....	+0·023
			wahrscheinliche Fehler....	±0·005

Länge der Linie 124 geographische Meilen.

Bezeichnet man mit τ die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des elektrischen Stromes, in einer Sekunde in einer Leitung,

wie dieselbe durch die österreichischen Linien im Durchschnitte geboten wird, und sieht von der Erdleitung, wie dies wohl gerechtfertigt ist, ab, so hat man als Bedingungsgleichungen

$$+0{:}028 = 109\tau$$
$$+0{\cdot}039 = 142\tau$$
$$+0{\cdot}025 = 106\tau$$
$$+0{\cdot}023 = 124\tau$$

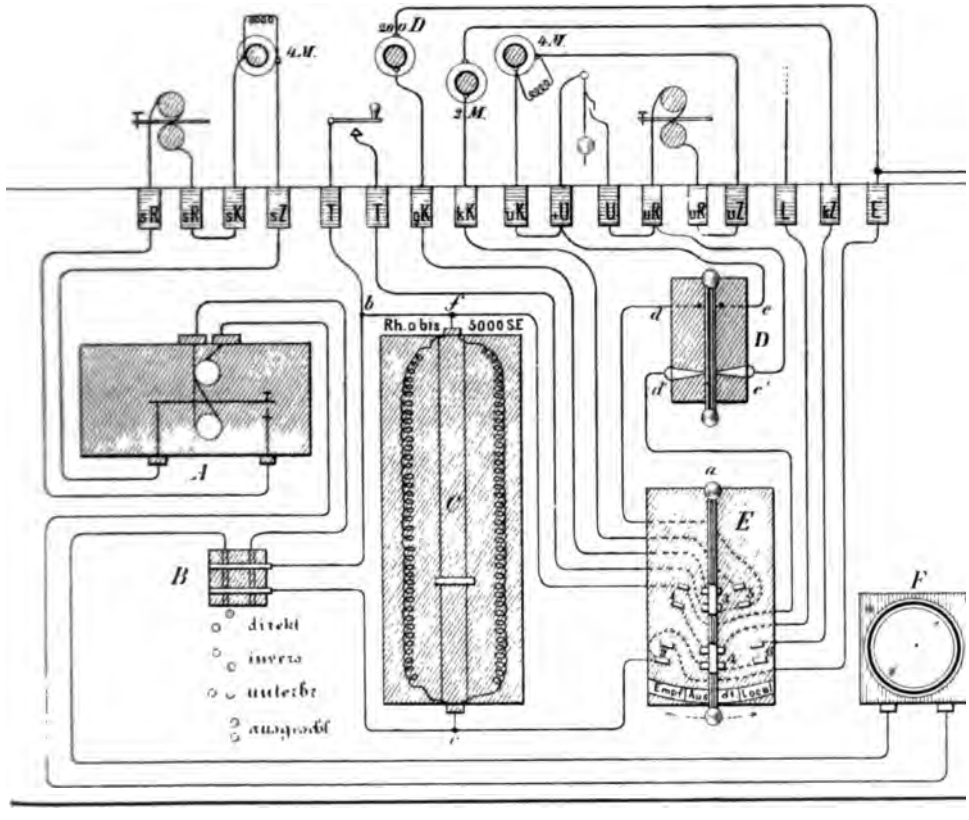
und gibt diesen Gleichungen nach Massgabe der wahrscheinlichen Fehler die Gewichte, so findet sich

$$\tau = 0{\cdot}00025,$$

welche Annahme in den obigen Beobachtungen die folgenden Fehler übrig lässt:

bei	Wien—Pola	+0:001
„	Kremsmünster—Pola .	+0·003
„	Wien—Bregenz	—0·001
„	Pola—Bregenz	—0·008,

welche Fehler nicht grösser sind, als man dieselben nach den wahrscheinlichen Fehlern annehmen kann, so dass die Übereinstimmung als eine befriedigende angesehen werden muss. Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Stromes in einer Sekunde findet sich demnach 4000 geogr. Meilen = 296818 Kilometer, kann aber nach den obigen Betrachtungen nur als untere Grenze betrachtet werden.


4.M.
2.M.
4.M.
sR
sR
sK
sZ
T
T
gK
kK
uK
+U
U
uR
uR
uZ
L
kZ
E
b
f
Rh. o bis 5000 SE
d
e
D
d'
e'
A
C
a
E
B
F
direkt
inverse
unterbr
ausgeschl
Empf. Aus. dt. Local

Über Raumcurven siebenter Ordnung.

Von **Eduard Weyr** in Paris.

(Vorgelegt in der Sitzung am 26. Februar 1874.)

Im Folgenden will ich es versuchen, eine Classification der Raumcurven siebenter Ordnung zu geben, einer Curvengattung, von welcher bis jetzt blos ganz specielle Arten betrachtet wurden. Hiebei werde ich mich hauptsächlich auf ein Theorem stützen, welches ich in meiner Inaug.-Dissertation (Prag 1873) aufgestellt habe, und das, um die Einheit dieser Arbeit nicht zu stören, hier seinen Platz finden möge.

Sei C eine eigentliche (nicht zerfallende) ebene algebraische Curve $n$ter Ordnung, die, bezogen auf ein System gewöhnlicher Parallelcoordinaten s, z, die Gleichung haben möge $F(s, z)=0$. Sei p das Geschlecht von C oder die Classenzahl der durch die Curvengleichung bedingten Abel'schen Functionen [1]. Besitzt C ausser d Doppel- und r Rückkehrpunkten keine vielfachen Punkte, so ist

$$p=\frac{(n-1)(n-2)}{2}-(d+r);$$

besitzt hingegen C allgemein k-fache Punkte, so ist jeder solche Punkt $\frac{k(k-1)}{2}$ Doppelpunkten gleichzuachten, vorausgesetzt, dass die Tangenten von C in solch einem Punkte alle verschieden sind. Wäre dies nicht der Fall, so müsste p als die Zahl der wie s verzweigten, immer endlichen unabhängigen Abel'schen Integrale direct durch die Aufstellung dieser Integrale bestimmt werden. Je p solcher Integrale können in der Form supponirt werden.

[1] Clebsch, Borchardt's Journal, Bd. 64.

$$w_i = \int \frac{\varphi_i(s,z)}{\frac{dF}{ds}}\, dz\,, \qquad i = 1, 2 \ldots p\,,$$

wobei $\varphi_i = 0$ allgemein die Gleichung einer Curve $(n-3)$ter Ordnung ist, welche durch alle Doppel- und Rückkehrpunkte von C hindurchgeht, und überdies angenommen wird, dass es keine p Grössen $\gamma_1, \gamma_2, \ldots \gamma_p$ giebt, welche die Gleichung

$$\gamma_1 \varphi_1 + \gamma_2 \varphi_2 + \ldots + \gamma_p \varphi_p = 0$$

zu einer identischen machen würden.

Seien $\Phi(s,z) = 0$, $\Psi(s,z) = 0, \ldots$ die Gleichungen von Curven $m$ter Ordnung, welche irgend einem Systeme von Curven $m$ter Ordnung angehören mögen. Jede Curve dieses Systems wird C in mn Punkten schneiden, die sich mit der Curve des Systems entweder alle oder einige ändern werden; wir bezeichnen mit λ die Zahl dieser beweglichen Schnittpunkte und mit $s^{(1)}z^{(1)}, \ldots s^{(\lambda)}z^{(\lambda)}$ ihre Coordinaten. Dem Abel'schen Satze zufolge sind die Summen der λ Integrale w_i ausgedehnt bis zu den oberen Grenzen $s^{(1)}z^{(1)}, \ldots s^{(\lambda)}z^{(\lambda)}$ constant oder, bei unbeschränkten Integrationswegen, doch Constanten nach $2p$ Periodicitätsmoduln congruent. Hieraus ergiebt sich

$$\begin{aligned}
&\frac{\varphi_1(s^{(1)}, z^{(1)})}{\frac{dF}{ds^{(1)}}}\, dz^{(1)} + \ldots + \frac{\varphi_1(s^{(\lambda)}, z^{(\lambda)})}{\frac{dF}{ds^{(\lambda)}}}\, dz^{(\lambda)} = 0 \\
&\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \qquad (1) \\
&\frac{\varphi_p(s^{(1)}, z^{(1)})}{\frac{dF}{ds^{(1)}}}\, dz^{(1)} + \ldots + \frac{\varphi_p(s^{(\lambda)}, z^{(\lambda)})}{\frac{dF}{ds^{(\lambda)}}}\, dz^{(\lambda)} = 0
\end{aligned}$$

Aus diesen Gleichungen kann nun leicht der folgende Satz abgeleitet werden:

„Kann man auf einer eigentlichen algebraischen ebenen Curve C Gruppen zu je λ Punkten als bewegliche Schnittpunkte von C mit Curven $m$ter Ordnung angeben, so zwar, dass eine Gruppe ganz beliebig angenommen werden darf, so ist λ grösser als das Geschlecht der Curve C."

Da für $p = 0$ der Satz evident ist, so können wir $p > 0$ voraussetzen. Es finden somit die Gleichungen (1) statt und über-

dies kann eine Werthgruppe $s^{(1)}z^{(1)},\ldots s^{(\lambda)}z^{(\lambda)}$ beliebig angenommen werden. Wäre nun $\lambda<p+1$, so könnten — da man $dz^{(1)},\ldots dz^{(\lambda)}$ nicht $=0$ vorauszusetzen braucht — aus den p Gleichungen (1) diese Differentiale eliminirt werden, und eine der sich so ergebenden $p+1-\lambda$ Bedingungsgleichungen wäre

$$\frac{1}{\frac{dF}{ds^{(1)}}\cdots\frac{dF}{ds^{(\lambda)}}}\cdot\begin{vmatrix}\varphi_1(s^{(1)},z^{(1)}),&\ldots&\varphi_1(s^{(\lambda)},z^{(\lambda)})\\ \cdots&\cdots&\cdots\\ \varphi_\lambda(s^{(1)},z^{(1)}),&\ldots&\varphi_\lambda(s^{(\lambda)},z^{(\lambda)})\end{vmatrix}=\frac{1}{P}.\Delta=0.$$

Zwischen den Coordinaten $s^{(1)}z^{(1)},\ldots s^{(\lambda)}z^{(\lambda)}$ der Punkte irgend einer Gruppe sollen jedoch ausser den Gleichungen $F(s,z)=0$ der Annahme nach keine Beziehungen stattfinden, d. h. es müsste $\Delta=0$ sein, sobald $F(s^{(i)},z^{(i)})=0$ ist ($i=1,2,\ldots\lambda$). Vor Allem bemerkt man, dass $\Delta=0$ für $s^{(i)},z^{(i)}$ keine identische Gleichung sein kann, da die λ Functionen $\varphi_1\varphi_2\ldots\varphi_\lambda$ linear unabhängig sind; es müsste daher Δ das Product $F(s^{(1)}z^{(1)}).F)s^{(2)}z^{(2)})\ldots F(s^{(\lambda)}z^{(\lambda)})$ als Factor enthalten, was unmöglich ist, da Δ die Grössen $s^{(i)}z^{(i)}$ blos bis zur $(n-3)$ten Potenz enthalten kann, während $F(s^{(i)},z^{(i)})$ eine irreducibele Function vom Grade n ist. Es kann somit nicht $\lambda<p+1$, somit muss $\lambda\geqq p+1$ sein, d. h. $\lambda>p$, wie bewiesen werden sollte.

Der eben bewiesene Satz kann nun leicht auf algebraische Curven im Raume übertragen werden, wobei unter dem Geschlechte einer Raumcurve das Geschlecht ihrer Projection auf einer Ebene zu verstehen ist.

„Kann man auf einer eigentlichen algebraischen Raumcurve C Gruppen zu je λ Gruppen als die beweglichen Schnittpunkte dieser Curve mit Flächen $m$ter Ordnung angeben, so zwar, dass eine Gruppe ganz beliebig angenommen werden darf, so ist λ grösser als das Geschlecht der Curve.“

Sind s, z, s' gewöhnliche Parallelcoordinaten im Raume, so können die Gleichungen jeder algebraischen Curve in der Form

$$F(s,z)=0\,,\qquad s'=\frac{\varphi(s,z)}{\psi(s,z)}\qquad(2)$$

supponirt werden, wobei F, φ, ψ ganze Functionen von s, z sind. Ist p die Classenzahl der durch die irreducibele Gleichung $F(s, z)=0$ bedingten Abel'schen Functionen, so ist p das Geschlecht von C. Es sei ferner $\Phi(s, z, s', \mu)=0$ die Gleichung des Systems von Flächen $m$ter Ordnung, dessen Flächen C in λ beweglichen Schnittpunkten treffen mögen. Eliminirt man zwischen dieser Gleichung und der zweiten Gleichung (2) die Coordinate s', so ergibt sich eine Gleichung $\Psi(s, z, \mu)=0$, die mit $F(s, z)=0$ combinirt der Annahme gemäss blos λ Wurzelsysteme s, z liefern kann, welche sich mit dem Parameter μ ändern. Es findet somit der für ebene Curven erwiesene Satz seine Anwendung, d. h. es ist $\lambda > p$.

Mit Hilfe des eben bewiesenen Satzes können wir nun sofort zur Classification der Raumcurven siebenter Ordnung übergehen.

Jede Raumcurve siebenter Ordnung K_7[1] liegt auf unendlich vielen eigentlichen Flächen sechster Ordnung F_6. Eine solche Fläche ist durch 83 Punkte bestimmt; legt man sie somit durch $6.7+1=43$ Punkte einer K_7 und durch weitere 40 beliebige Punkte, so enthält diese Fläche K_7 vollständig, kann auch im Allgemeinen nicht in Flächen niederer Ordnung zerfallen.

Zerfiele nämlich F_6 in Flächen niederer Ordnung, so müsste mindestens einer der Theile von F_6 die Raumcurve K_7 vollständig enthalten, und da K_7 keine ebene Curve ist, so wäre dieser Theil mindestens eine Fläche zweiten Grades; der zweite Theil von F_6 wäre somit höchstens von der vierten Ordnung, und weil durch 40 beliebige Punkte keine biquadratische Fläche hindurchgeht, so kann F_6 in der That im Allgemeinen nicht zerfallen. Dieses Raisonnement findet für Flächen niederer als der sechsten Ordnung keine Anwendung, so dass die mögliche Existenz von Raumcurven K_7, durch welche keine eigentlichen Flächen fünfter, vierter, dritter oder zweiter Ordnung hindurchgehen, offen bleibt.

[1] Im Folgenden soll durch K_n und F_n immer eine eigentliche Raumcurve, resp. Fläche, verstanden werden, falls nicht ausdrücklich bemerkt wird, dass K_n, resp. F_n in Gebilde niederer Ordnung zerfällt.

„Geht durch eine K_7 keine eigentliche biquadratische Fläche F_4, so liegt sie auf einer Fläche zweiter Ordnung F_2, und umgekehrt, geht durch K_7 keine F_2, so liegt sie auf biquadratischen Flächen F_4."

In der That, nimmt man an, K_7 sei eine Raumcurve siebenter Ordnung, durch welche keine eigentliche biquadratische Fläche gelegt werden kann, so muss jede solche Fläche F_4, welche durch $4.7+1=29$ Punkte von K_7 gelegt ist, nothwendig zerfallen, und da man F_4 überdies durch fünf beliebige Punkte führen kann, so wird F_4 nicht in eine cubische Fläche und eine Ebene zerfallen können, sondern muss sich immer aus zwei Flächen zweiter Ordnung zusammensetzen, von denen eine K_7 enthält, wie bewiesen werden sollte. Und umgekehrt, liegt K_7 auf keiner F_2, so kann F_4 offenbar nicht zerfallen.

Demgemäss zerfallen alle Raumcurven siebenter Ordnung in drei Hauptclassen:

1. Raumcurven von der Classe (4), d. h. solche, welche auf keiner quadratischen Fläche liegen; dieselben mögen mit $K_7^{(4)}$ bezeichnet werden;

2. Raumcurven K_7 von der Classe (2.4) oder $K_7^{(2\cdot4)}$, welche auf einer Quadrifläche und einer biquadratischen Fläche, somit auf unendlich vielen biquadratischen Flächen liegen;

3. Raumcurven K_7 von der Classe (2) oder $K_7^{(2)}$, d. i. Curven, welche auf keiner eigentlichen biquadratischen Fläche liegen.

Die wirkliche Existenz von Curven dieser drei Classen wird sich im Verlaufe dieser Betrachtungen von selbst ergeben.

Jede $K_7^{(4)}$ kann immer als der theilweise Durchschnitt zweier biquadratischen Flächen erzeugt werden. Eine K_7 von der Classe (2) kann nie auf einer eigentlichen cubischen Fläche liegen, da sie sich schon auf einer F_2 befindet; sie kann somit blos als der theilweise Durchschnitt einer F_2 mit Flächen F_5 oder F_6 erscheinen.

In meiner bereits citirten Abhandlung habe ich gezeigt, dass eine eigentliche Raumcurve $n$ter Ordnung höchstens vom Geschlechte $\frac{(n-1)(n-2)}{2}-z$ sein kann, wobei z die grösste

in $\left(\frac{n-1}{2}\right)^2$ enthaltene ganze Zahl vorstellt; für $n=7$ findet man, dass das höchste Geschlecht einer K_7 sechs ist. Die ebene Projection einer K_7 ist somit eine Curve siebenter Ordnung, welche mindestens neun Doppelpunkte besitzt, oder eine Anzahl mehrfacher Punkte, welche in dieser Beziehung neun Doppelpunkten gleichkommen.

„Eine Raumcurve siebenter Ordnung, welche ausser Doppel- und Rückkehrpunkten keine vielfachen Punkte besitzt, hat mindestens neun scheinbare Doppelpunkte [1].“

Es sei K_7 eine Raumcurve siebenter Ordnung mit α scheinbaren und δ wirklichen Doppelpunkten (o. Rückkehrpunkten). Ihr Geschlecht ist somit $p=15-(\alpha+\delta)$, und da es höchstens gleich 6 sein kann, so muss $\alpha+\delta$ mindestens $=9$ sein. Angenommen, es sei $\alpha<9$, also $\delta\leqq 1$. Durch die δ Doppelpunkte und $\lambda=6-\delta$ beliebige Curvenpunkte lege man eine quadratische Fläche F_2, welche K_7 in weiteren $8-\delta$ Punkten treffen wird; wählt man diese $8-\delta$ Punkte nebst den δ Doppelpunkten zu Basispunkten eines Flächenbüschels zweiter Ordnung, so ergiebt sich dem bewiesenen Theorem gemäss $\lambda=6-\delta>p$, d. h. $6-\delta>15-(\alpha+\delta)$ oder $\alpha>9$, und falls diese Ungleichheit nicht erfüllt ist, kann das Flächenbüschel auf K_7 unmöglich Gruppen zu $\lambda=6-\delta$ Punkten bestimmen (Gruppen von weniger als λ Punkten können sich umsoweniger ergeben, da dadurch p unter eine noch tiefere Grenze herabgedrückt wäre). Dieses erfordert aber, dass alle Flächen des Büschels K_7 in den nämlichen 14 Punkten schneiden; legt man dann eine Fläche des Büschels durch einen weiteren 15. Punkt von K_7, so wird diese Fläche K_7 vollständig enthalten. Besässe somit K_7 weniger als 9 scheinbare Doppelpunkte, so müsste sie nothwendig auf einer F_2 liegen; und da sich im Folgenden ergeben wird, dass Raumcurven K_7, die auf Flächen zweiter Ordnung liegen, mindestens 9 scheinbare Doppelpunkte besitzen (den Fall ausgenommen,

[1] Siehe einen diesbezüglichen Satz von Herrn Halphen, Comptes rendus, Bd. 70, p. 381, der jedoch in der oben angegebenen Weise beschränkt werden muss.

dass man höhere Singularitäten als Doppel- und Rückkehrpunkte supponirt), so ist der Satz bewiesen.

Um die Allgemeinheit der folgenden Sätze nicht zu stören, sollen im Folgenden blos Raumcurven K_7 betrachtet werden, welche ausser Doppel- und Rückkehrpunkten keine singulären Punkte besitzen; die Curven K_7 mit höheren Singularitäten werden dann zum Schlusse besonders kurz angeführt werden.

Ist K_n eine Curve vom Geschlechte p und $4<n<9$, gilt ferner die Ungleichheit $2n-8>p$ nicht, so liegt (§. 2 meiner Dissertation) K_n auf einer Fläche zweiter Ordnung. Für $n=7$ ergiebt sich hieraus, „dass jede K_7 vom Geschlechte 6 auf einer quadratischen Fläche liegt“. Man kann dies in der Weise verallgemeinern, dass man zeigt, dass jede Raumcurve siebenter Ordnung mit 9 scheinbaren Doppelpunkten auf einer Fläche zweiter Ordnung liegt [1]. Sei K_7 eine Curve mit 9 scheinbaren Doppelpunkten, welche δ wirkliche Doppelpunkte besitzen möge; δ kann hierbei die Werthe 0, 1, 2...5, 6 annehmen, doch möge $\delta=6$ vorläufig ausgeschlossen bleiben. Das Geschlecht von K_7 ist $p=6-\delta$. Durch $\lambda=6-\delta$ Punkte von K_7 und die δ Doppelpunkte lege man eine Fläche zweiten Grades F_2, welche K_7 in weiteren $14-(6-\delta)-2\delta=8-\delta$ Punkten treffen wird; diese Punkte nebst den δ Doppelpunkten wähle man zu Basispunkten eines Flächenbüschels zweiten Grades. Das Büschel bestimmt offenbar auf K_7 Gruppen von $6-\delta$ Punkten, von denen die erste Gruppe ganz willkürlich war; hieraus folgt $6-\delta>p$, und wenn, wie in unserem Falle, wo $6-\delta=p$ ist, diese Ungleichheit nicht erfüllt ist, so müssen alle Flächen des Büschels K_7 in den nämlichen Punkten schneiden, woraus sofort folgt, dass K_7 auf einer Fläche des Büschels liegt. Wäre endlich $\delta=6$, so würde es genügen, eine Fläche zweiter Ordnung durch die 6 Doppelpunkte und 3 weitere Punkte von K_7 zu legen; denn diese Fläche enthält K_7 vollständig, da sie mit ihr 15 Punkte gemein hat.

„Durch jede Curve K_7 mit 9 scheinbaren Doppelpunkten gehen unendlich viele eigentliche biquadratische Flächen.“ Sei K_7 eine solche Curve mit $\delta=0, 1,...5$ wirklichen Doppel-

[1] Siehe die citirte Abhandlung von Herrn Halphen.

punkten, somit vom Geschlechte $p=6-\delta$. Durch ebensoviele beliebige Punkte von K_7 und durch die δ Doppelpunkte lege man eine biquadratische Fläche F_4, welche K_7 noch in $22-\delta$ Punkten treffen wird. Letztere Punkte, die δ Doppelpunkte und noch weitere 11 Punkte von F_4 können als die 33 Basispunkte eines Flächenbüschels vierter Ordnung aufgefasst werden, welches sofort die Ungleichheit $6-\delta>p$ liefert; und falls diese Ungleichheit nicht erfüllt ist, muss K_7 auf einer Fläche des Büschels liegen; diese Fläche kann offenbar nicht zerfallen, da die 11 Punkte auf keiner quadratischen Fläche liegen müssen. Ist $\delta=6$, so genügt es, F_4 durch die 6 Doppelpunkte, 17 beliebige Curvenpunkte und 11 beliebige Punkte des Raumes zu legen; F_4 muss K_7 in der That vollständig enthalten, und kann aus dem nämlichen Grunde nicht zerfallen.

Somit ist jede K_7 mit 9 scheinbaren Doppelpunkten der theilweise Durchschnitt einer quadratischen Fläche mit einer Fläche vierter Ordnung; beide Flächen schneiden sich ausserdem in einer vierfachen Secante von K_7. In der That, befindet sich auf einer Fläche zweiter Ordnung F_2 (den Kegel zweiter Ordnung vorläufig ausgeschlossen) eine Raumcurve K_n und begegnet den Erzeugenden der einen Schaar von F_2 a-mal, jenen der anderen Schaar $b=(n-a)$mal, so besitzt die Curve bekanntlich

$$\frac{a(a-1)}{2}+\frac{b(b-1)}{2}$$

scheinbare Doppelpunkte. Soll somit $a+b=7$ und obige Summe 9 sein, so muss man $a=3$, $b=4$ nehmen. Jede Erzeugende von F_2 trifft die durch K_7 gelegte F_4 viermal; da nun eine Erzeugende von F_2 auf F_4 liegt, und von allen Erzeugenden der anderen Schaar getroffen wird, so treffen dieselben F_4 also auch K_7 nur dreimal, d. h. die F_2 und F_4 gemeinschaftliche Gerade gehört zu jener Schaar von Erzeugenden, welche aus lauter vierfachen Secanten von K_7 besteht. Ist zweitens K_7 der theilweise Durchschnitt eines Kegels F_2 und einer Fläche F_4, so haben beide Flächen überdies eine Kante von F_4 gemein, d. h. F_4 geht durch den Scheitel von F_2. Demgemäss trifft jede

andere Kante von F_2 die biquadratische Fläche ausserhalb des Scheitels dreimal, und da K_7 durch den Kegelscheitel hindurchgeht, so sieht man, dass überhaupt jede Kante von F_2 eine vierfache Secante von K_7 ist.

Hiermit ist dargethan, dass jede K_7 mit 9 scheinbaren Doppelpunkten zur Classe (2.4) gehört und umgekehrt, und dass der übrige Theil des Schnittes beider Flächen eine vierfache Secante von K_7 ist.

Betrachten wir nun Curven K_7 von der Classe (2), d. h. Raumcurven siebenter Ordnung, durch welche keine eigentliche biquadratische Fläche gelegt werden kann, und die somit auf einer F_2 liegen. Raumcurven dieser Classe können höchstens vom Geschlechte 4 sein. Eine K_7, die auf einer allgemeinen Fläche zweiten Grades liegt, besitzt der Formel

$$\frac{a(a-1)}{2}+\frac{b(b-1)}{2}$$

zufolge entweder $\frac{3.2}{2}+\frac{4.3}{2}=9$, oder $\frac{2.1}{2}+\frac{5.4}{2}=11$ oder endlich $\frac{6.5}{2}=15$ scheinbare Doppelpunkte, was den drei möglichen Annahmen $a=3$, $b=4$; $a=2$, $b=5$; $a=1$, $b=6$ entspricht; da Curven K_7 mit 9 scheinbaren Doppelpunkten in diese Classe nicht gehören können, so erübrigen blos Curven mit 11 und mit 15 scheinbaren Doppelpunkten d. h. höchstens vom Geschlechte 4. Liegt $K_7^{(2)}$ auf einer Kegelfläche zweiter Ordnung, so gilt diese Schlussfolgerung nicht; indessen kann unsere Behauptung ganz allgemein folgendermassen erwiesen werden. Angenommen, es gäbe eine $K_7^{(2)}$ vom Geschlechte $p=6$ oder 5; dieselbe besitze δ wirkliche Doppelpunkte, also $9-\delta$, resp. $10-\delta$ scheinbare Doppelpunkte. Man wähle auf $K_7^{(2)}$ p beliebige Punkte, lege durch sie und die δ Doppelpunkte eine Fläche F_4 (δ kann auch $=0$ sein), welche somit $K_7^{(2)}$ noch in $22-2\delta$, resp. $23-2\delta$ Punkten treffen wird. Diese $22-2\delta$, resp. $23-2\delta$ Punkte und die δ Doppelpunkte wähle man nebst $11+\delta$, resp. $10+\delta$ beliebigen Punkten von F_4 zu den 33 Basispunkten eines Flächenbüschels vierter Ordnung; dann folgt 6, resp. $5>p$, oder es ergiebt sich — wie in unserem

Falle — dass $K_7^{(2)}$ auf einer Fläche des Büschels liegt, die überdies nicht zerfallen kann, da sie durch $11+\delta$, resp. $10+\delta$ beliebige Punkte geführt wurde. Demgemäss kann eine $K_7^{(2)}$ nie vom Geschlechte 6 oder 5 sein, ist also in der That höchstens vom Geschlechte 4.

Ist $K_7^{(2)}$ auf einer Kegelfläche zweiter Ordnung F_2 und besitzt sie im Scheitel allgemein einen b-fachen Punkt, begegnet ferner jeder Kegelkante ausserhalb des Scheitels a-mal, so hat man offenbar

$$7 = 2a + b.$$

Das Geschlecht von $K_7^{(2)}$ ist dann (meine Inaug. Diss. p. 10) $p = (a-1)(a+b-1)$. Da $2a+b=7$ ist, so kann b nur ungerade sein. Für $b=1$, $a=3$ folgt $p=6$, ein Fall, der hier nicht eintreten kann; ist $b=3$, $a=2$, so folgt $p=4$, und ist endlich $b=5$, $a=1$, so ergibt sich $p=0$. Dies zeigt uns, dass Raumcurven K_7 von der Classe (2), welche auf Kegelflächen zweiter Ordnung liegen würden, nothwendig einen dreifachen oder fünffachen Punkt besitzen müssten, weswegen wir auf diese Curven nicht hier, sondern erst am Schlusse eingehen werden.

„Eine $K_7^{(2)}$ mit 11 scheinbaren Doppelpunkten ist immer der theilweise Durchschnitt einer quadratischen Fläche F_2 mit einer Fläche fünfter Ordnung; beide Flächen haben ausserdem 3 Erzeugende derselben Schaar von F_2 gemein [1].“ Vorerst ist klar, dass durch unsere $K_7^{(2)}$ keine eigentliche Fläche vierter Ordnung gehen kann, da die Erzeugenden der einen Schaar von F_2 (welche die erste heissen mag) $K_7^{(2)}$ in 5 Punkten begegnen, dieselben somit auf der biquadratischen Fläche liegen müssten. Durch $K_7^{(2)}$ gehen jedoch unendlich viele eigentliche Flächen fünfter Ordnung, wie man es folgendermassen leicht einsehen kann. Es besitze $K_7^{(2)}$ allgemein δ wirkliche Doppelpunkte, $\delta = 1, 2, 3, 4$. Man lege eine Fläche fünfter Ordnung F_5 durch die δ Doppelpunkte, $36-2\delta$ weitere Punkte von $K_7^{(2)}$ und überdies durch $19+\delta$ beliebige Punkte des Raumes. Da F_5 mit $K_7^{(2)}$

[1] Man vergleiche einen allgemeinen Satz von Herrn Halphen: Bulletin de la Soc. Math. de France, 1872—73, t. I, p. 19.

36 Punkte gemein hat, so enthält die Fläche $K_7^{(2)}$ vollständig, kann überdies nicht zerfallen, denn es müsste dann F_5 aus F_2 und einer cubischen Fläche bestehen, die durch die $19+\delta$ Punkte hindurchginge, was nicht angeht. Ist $\delta=0$, d. h. $K_7^{(2)}$ ohne wirkliche Doppelpunkte, so ist ihr Geschlecht $p=4$; man wähle auf $K_7^{(2)}$ $\lambda=4$ beliebige Punkte und lege durch dieselben eine F_5, welche $K_7^{(2)}$ in weiteren 31 Punkten trifft. Letztere nebst 23 beliebigen Punkten von F_5 wähle man zu Basispunkten eines Flächenbüschels fünfter Ordnung; dasselbe liefert sofort $4>p$ und im Gegenfalle folgt, dass $K_7^{(2)}$ auf einer Fläche des Büschels liegt, die offenbar nicht zerfallen kann, da durch die 23 beliebigen Punkte keine cubische Fläche hindurchgeht. Die zwei Flächen F_2 und F_5, welche somit unsere $K_7^{(2)}$ erzeugen, haben ausser dieser Curve noch eine Curve dritter Ordnung gemein; würden die Erzeugenden der ersten Schaar von F_2 derselben begegnen, so hätten sie mit F_5 mehr als 5 Punkte gemein, d. h. F_5 müsste in F_2 und eine cubische Fläche zerfallen, was doch nicht der Fall ist. Daraus schliesst man, dass, die besagte Curve dritter Ordnung aus drei Erzeugenden der ersten Schaar bestehen muss, wie behauptet wurde; diese Erzeugenden sind somit ebenfalls 5fache Secanten von $K_7^{(2)}$.

„Eine Curve $K_7^{(2)}$ mit 15 scheinbaren Doppelpunkten ist der theilweise Durchschnitt einer quadratischen Fläche F_2 mit einer Fläche sechster Ordnung F_6, und beide Flächen haben überdies 5 Erzeugende derselben Schaar von F_2 gemein; dieselben sind 6fache Secanten von $K_7^{(2)}$.

Eine Curve dieser Art trifft die Erzeugenden des einen (ersten) Systems von F_2 in 6, jene des anderen in je einem Punkte, hieraus folgt, dass Flächen, welche durch diese Curve gehen und nicht zerfallen, mindestens sechster Ordnung sein müssen, welche dem Früheren gemäss auch immer existiren. Eine solche F_6 schneidet F_2 ausser in $K_7^{(2)}$ noch in einer Curve K_5, und man findet genau so wie bei der letzten Curvengattung, dass K_5 aus 5 Erzeugenden der ersten Schaar von F_2 besteht.

Gehen wir nun drittens zur Betrachtung der Raumcurven K_7 von der Classe (4) über; es sind dies also Curven, durch welche unendlich viele biquadratische Flächen gelegt werden können, und die auf keiner Fläche zweiter Ordnung liegen. Die Existenz

solcher Curven kann, auf das Vorhergehende gestützt, leicht erkannt werden; es besitzt eine K_7, die auf einer F_2 liegt, entweder 9, 11 oder 15 scheinbare Doppelpunkte, so dass beispielshalber eine K_7 mit 10 scheinbaren Doppelpunkten nothwendig in die Classe (4) gehört. Allgemein kann bemerkt werden, dass sobald eine K_7 auf einer biquadratischen Fläche liegt und nicht 9 scheinbare Doppelpunkte besitzt, dieselbe zur Classe (4) gehört; in der That, da sie auf F_4 liegt, so kann sie nicht zur Classe (2) gehören, und da sie nicht 9 scheinbare Doppelpunkte hat, so kann sie nicht eine Curve (2.4) sein. Ferner ist gut zu bemerken, dass jede K_7, die auf einer cubischen Fläche liegt, immer zur Classe (4) gehört, indem durch eine solche Curve augenscheinlich keine quadratische Fläche gehen kann.

Curven mit 9 scheinbaren Doppelpunkten können dem Früheren gemäss in dieser Classe nicht vorkommen; es erübrigen somit Curven mit 10, 11, 12, 13, 14 und 15 scheinbaren Doppelpunkten.

„Jede K_7 mit 10 scheinbaren Doppelpunkten ist der theilweise Durchschnitt zweier cubischen Flächen, die ausserdem einen Kegelschnitt gemein haben.“

Ist die Curve vom Geschlechte 0, d. h. besitzt sie 5 wirkliche Doppelpunkte, so genügt es, durch diese Punkte, 12 weitere Curvenpunkte und irgend zwei Punkte des Raumes eine F_3 zu legen; dieselbe hat mit K_7 22 Punkte gemein, enthält somit die Curve vollständig und kann nicht zerfallen, da eine Curve K_7 mit 10 scheinbaren Doppelpunkten nie auf einer F_2 liegen kann. Es geht somit durch K_7 und zwei beliebige Punkte des Raumes eine F_3, also kann K_7 als theilweiser Durchschnitt zweier cubischen Flächen erzeugt werden. Besitzt K_7 allgemein δ wirkliche Doppelpunkte ($\delta = 0, 1, .. 4$), so lege man durch dieselben und durch $\lambda = 5 - \delta$ beliebige Curvenpunkte eine F_3, die K_7 in weiteren $16 - \delta$ Punkten treffen wird; diese Punkte nebst den δ Doppelpunkten und 2 beliebigen Punkten von F_3 wähle man zu Basispunkten eines Flächenbüschels dritter Ordnung. Man schliesst dann leicht $\lambda = 5 - \delta > p$ und im Gegenfalle folgt sofort, dass K_7 auf einer Fläche des Büschels liegt, die aus bekannten Gründen nicht zerfallen kann. Es kann somit jede K_7 mit 10 scheinbaren Doppelpunkten mit

2 beliebigen Punkten durch eine eigentliche cubische Fläche verbunden werden. Zwei cubische Flächen, welche durch eine K_7 dieser Art hindurchgehen, schneiden sich ausserdem in einer Curve K_2, die eben sein muss. Zerfällt nämlich der Schnitt zweier Flächen μten und νten Grades in zwei Curven von den Graden m und m' mit h, resp. h' scheinbaren Doppelpunkten, so gilt nach Salmon [1] die Relation

$$2(h-h') = (m-m')(\mu-1)(\nu-1);$$

macht man nun $\mu=\nu=3$, $m=7$, $m'=2$, $h=10$, so ergibt sich $h'=0$, d. h. K_2 ist eine ebene Curve.

„Jede K_7 von der Classe (4) mit 11 scheinbaren Doppelpunkten ist der theilweise Durchschnitt zweier cubischen Flächen, welche überdies zwei windschiefe Geraden gemein haben."

Besitzt die K_7 4 wirkliche Doppelpunkte ($p=0$), so lege man durch dieselben, durch 14 Curvenpunkte und noch durch irgend einen Punkt des Raumes eine cubische Fläche F_3; dieselbe enthält offenbar K_7 vollständig und zerfällt der Annahme nach nicht. Besitzt K_7 allgemein δ wirkliche Doppelpunkte ($\delta=0, 1, 2, 3$), so setze man $\lambda=4-\delta$ und verfahre genau so, wie bei der letzten Curvengattung; man findet so ohne Schwierigkeit, dass durch eine $K_7^{(4)}$ mit 11 scheinbaren Doppelpunkten und einen beliebigen Punkt des Raumes eine cubische Fläche geht. Die Salmon'sche Formel liefert überdies für $\mu=\nu=3$, $m=7$, $m'=2$, $h=11$, sofort $h'=1$, d. h. zwei cubische Flächen, welche durch unsere K_7 gelegt sind, schneiden sich ausserdem in zwei windschiefen Geraden. Auch sieht man hiedurch nachträglich die wirkliche Existenz dieser Curvengattung $K_7^{(4)}$ ein.

„Jede K_7 mit 12 scheinbaren Doppelpunkten liegt auf einer und nur auf einer cubischen Fläche; sie kann als theilweiser Durchschnitt dieser Fläche mit einer F_4 erzeugt werden, und beide Flächen haben ausserdem eine K_5 mit 6 scheinbaren Doppelpunkten jener Art gemein, welche auf keiner F_2 liegt."

---

[1] S. Salmon-Fiedler: Anal. Geom. des Raumes. II. Thl., p. 107.

Hat die Curve K_7 3 wirkliche Doppelpunkte ($p=0$), so liegt sie auf jener cubischen Fläche, die man durch die Doppelpunkte und 16 weiteren Punkte von K_7 legen kann, und welche der Zahl 12 der scheinbaren Doppelpunkte wegen nicht zerfallen kann. Besitzt hingegen K_7 blos $\delta=0$, 1 oder 2 wirkliche Doppelpunkte, so ist ihr Geschlecht $p=3-\delta$; wählt man die δ Doppelpunkte und $18-\delta$ Curvenpunkte zu Basispunkten eines Flächenbüschels dritter Ordnung, so folgt, da $3-\delta$ nicht $>p$ ist, dass sich K_7 in der That auf einer Fläche des Büschels befindet, welche, wie schon erkannt wurde, nicht zerfallen kann. Eine Curve der betrachteten Art kann ferner nicht auf zwei cubischen Flächen liegen, da dann die, beiden Flächen noch gemeinschaftliche Curve K_2 zwei scheinbare Doppelpunkte haben müsste. Jede Curve dieser Species erscheint demnach als theilweiser Schnitt einer cubischen mit einer biquadratischen Fläche; macht man in der bereits angewendeten Formel $\mu=4$, $\nu=3$, $m=7$, $m'=5$, $h=12$, so folgt $h'=6$, d. h. die K_5, in welcher sich beide Flächen noch schneiden, besitzt 6 scheinbare Doppelpunkte, und da sie auf F_3 liegt, so gehört sie der angegebenen Art an.

Was endlich die Curven $K_7^{(4)}$ mit 13, 14 oder 15 scheinbaren Doppelpunkten anbelangt, so ist es leicht, vorerst ihre Existenz nachzuweisen. Man nehme eine Raumcurve fünfter Ordnung mit 7, 8, resp. 9 scheinbaren Doppelpunkten (welche natürlich zerfällt und beispielshalber im ersteren Falle aus zwei Kegelschnitten in zwei verschiedenen Ebenen und einer Geraden besteht, welche einen der Kegelschnitte einmal trifft) und lege durch sie eine cubische Fläche F_3 und eine biquadratische Fläche F_4. Macht man nun in der Salmon'schen Formel $\mu=4$, $\nu=3$, $m=7$, $m'=5$, $h'=7$, 8, resp. 9, so ergeben sich für h die Werthe 13, 14, resp. 15, d. h. beide Flächen schneiden sich ausserdem in einer Raumcurve K_7 mit 13, 14, resp. 15 scheinbaren Doppelpunkten, die nothwendig in die Classe (4) gehört, da sie auf einer cubischen Fläche liegt. Es drängt sich hiebei die Frage auf, ob die so erhaltenen Curven $K_7^{(4)}$ die allgemeinen Curven dieser Species sind, d. h. ob jede Curve der betrachteten Art $K_7^{(4)}$ auf einer cubischen Fläche liegt? So lange diese Frage nicht beantwortet ist, müssen wir die Curven $K_7^{(4)}$

mit 13, 14 und 15 scheinbaren Doppelpunkten als partielle Schnitte von biquadratischen Flächen ansehen, die somit nur in Gemeinschaft mit Raumcurven achter Ordnung classificirt werden könnten, da beide Flächen sich noch in solch' einer Curve schneiden würden.

Zum Schlusse wollen wir jene Raumcurven siebenter Ordnung betrachten, welche bis jetzt von unserer Untersuchung ausgeschlossen waren, nämlich Curven mit $i$fachen Punkten, $6 > i > 2$; hiebei wollen wir uns wiederum blos auf allgemeine Curven beschränken.

Besitzt K_7 einen fünffachen Punkt P, so projicirt sie sich aus P durch einen Kegel zweiter Ordnung F_2. Jede Kante von F_2 trifft K_7 ausser in P nur noch in einem Punkte, das Geschlecht der Curve ist somit $p=0$. Der fünffache Punkt vertritt in Hinsicht der Zahl p die Stelle von 10 Doppelpunkten, woraus man schliesst, dass K_7 blos 5 scheinbare Doppelpunkte hat. Wählt man den Scheitel P zum dreifachen Punkt einer Fläche F_4, was 10 Bedingungen gleichkommt, und legt F_4 durch 14 weitere Punkte von K_7 und durch 10 beliebige Punkte des Raumes, so trifft F_4 die Curve in $3\cdot 5+14=29$ Punkten, enthält sie also vollständig; F_4 kann im Allgemeinen nicht zerfallen, da durch die 10 beliebigen Punkte keine quadratische Fläche geht. Unsere K_7 ist somit der partielle Durchschnitt eines Kegels F_2 mit einer Fläche F_4, die im Kegelscheitel einen dreifachen Punkt hat, und beide Flächen haben überdies eine Kegelkante gemein.

Sei zweitens K_7 eine Curve mit einem vierfachen Punkte P. Wird K_7 aus diesem Punkte projicirt, so ergibt sich ein projicirender Kegel dritter Ordnung F_3 (der nicht zerfallen kann, da eine K_7 auf einem Kegel zweiter Ordnung im Scheitel keinen vielfachen Punkt gerader Ordnung haben kann), und die Curve K_7 ist durch die Kegelkanten auf irgend einen ebenen Schnitt von F_2 eindeutig bezogen, beide Curven somit vom nämlichen Geschlechte; ist daher F_3 ohne Doppelkante, so ist das Geschlecht von K_7 $p=1$ und die Curve hat offenbar $14-6=8$ scheinbare Doppelpunkte; besitzt F_3 eine Doppelkante, so ist K_7 vom Geschlechte 0, da sie jedoch ausser dem 4fachen Punkt noch einen Doppelpunkt haben kann, so ist die Zahl ihrer schein-

baren Doppelpunkte 8 oder 9. Wählt man P zum Doppelpunkte einer cubischen Fläche Φ_3 und legt dieselbe durch weitere 14 Punkte von K_7 und noch durch irgend einen Punkt des Raumes (wodurch Φ_3 gerade bestimmt ist), so wird Φ_3 die Curve vollständig enthalten, da sie mit ihr $2.4+14$ Punkte gemein hat; überdies kann Φ_3 nicht zerfallen, indem durch K_7 keine quadratische Fläche geht. Raumcurven siebenter Ordnung mit einem 4fachen Punkte sind demnach der theilweise Durchschnitt eines Kegels dritter Ordnung mit einer cubischen Fläche, welche im Scheitel des Kegels einen Doppelpunkt besitzt; beide Flächen haben ausserdem zwei Kegelkanten gemein, da ihr vollständiger Durchschnitt im Scheitel einen 6fachen Punkt besitzen muss.

Sei endlich K_7 eine Raumcurve siebenter Ordnung mit einem 3fachen Punkte, aus welchem sie mithin im Allgemeinen durch einen Kegel vierter Ordnung F_4 projicirt wird. Wählt man P nebst 17 beliebigen Punkten der Curve zu Basispunkten eines Büschels von Flächen dritter Ordnung, so bestimmen dieselben auf K_7 einpunktige Gruppen, woraus $1>p$ folgt, im Gegenfalle aber K_7 auf einer Fläche des Büschels liegen muss. Da die Curve K_7 von demselben Geschlechte ist, wie ein ebener Schnitt von F_4, der das Geschlecht 3, 2, 1 oder 0 besitzen kann, so folgt, dass Raumcurven K_7 mit einem dreifachen Punkte, deren Geschlecht 3, 2 oder 1 ist, den theilweisen Durchschnitt eines Kegels vierter Ordnung mit einer cubischen Fläche bilden, welche im Scheitel des Kegels einen Doppelpunkt besitzt, da die drei durch P gehenden Curvenäste allgemein drei, nicht in einer Ebene gelegene Tangenten besitzen können; beide Flächen haben überdies 5 Kegelkanten gemein, weil ihr vollständiger Durchschnitt in P einen 8fachen Punkt besitzen muss. Es liesse sich in ähnlicher Art nachweisen, dass im Falle $p=2$ oder 3 durch K_7 und 1, resp. 2 beliebige Punkte des Raumes eine cubische Fläche gelegt werden kann; diese zwei Curven lassen sich somit als Schnitte zweier cubischen Flächen darstellen, welche den nämlichen Punkt P zum Doppelpunkte haben. Ist $p=0$, d. h. der Kegel F_4 mit drei Doppelkanten versehen, so kann mit Hilfe unseres Princips nicht entschieden werden, ob durch K_7 eine cubische Fläche hindurchgeht, weswegen auch diese Curvengattung einer späteren Untersuchung vorbehalten werden mag.

Schliesslich mag auf die Möglichkeit hingewiesen werden, dass sich K_7 aus P durch einen Kegel zweiter Ordnung F_2 projicirt; in diesem Falle besteht F_4 aus dem doppelt gezählten Kegel F_2. Das Geschlecht von K_7 ergiebt sich nach der Formel $p=(a-1)(a+b-1)=4$, und da P 3 Doppelpunkte vertritt, so besitzt K_7 8 scheinbare Doppelpunkte. Durch K_7 geht natürlich keine eigentliche cubische Fläche; die Curve ist der theilweise Durchschnitt von F_2 mit einer biquadratischen Fläche, welche in P einen Doppelpunkt besitzt, und F_2 überdies in einer Kante schneidet.

IX. SITZUNG VOM 26. MÄRZ 1874.

Der Secretär liest einen durch das k. & k. Ministerium des Äussern übermittelten Bericht des kais. österr. Gesandten am kgl. italienischen Hofe, des Herrn Grafen v. Wimpffen ddo. 12. März 1874, dem zufolge, über Verwendung des Herrn Gesandten, seitens der kgl. italienischen Regierung bereits die nöthigen Weisungen sowohl an den Districts-Ingenieur als auch an den kgl. Präfecten in Ancona ergangen sind, den von der kais. Akademie mit der geologischen Durchforschung der Ostküste Italiens betrauten Herren Th. Fuchs und Alex. Bittner alle zur Erfüllung ihrer Aufgabe nöthigen Aufklärungen und Erleichterungen zu Theil werden zu lassen.

Herr Dr. J. Barrande übersendet den Vol. II. Texte, 3me partie, seines Werkes „Système silurien du centre de la Bohême", und stellt das Ansuchen um eine weitere Subvention zur Fortsetzung dieses Werkes.

Der Secretär legt folgende eingesendete Abhandlungen vor:

„Zur Entwicklungsgeschichte der Vegetation der Erde", vom Herrn Prof. Dr. C. Freih. v. Ettingshausen in Graz.

„Über chlorfreie Derivate der Monochlorcitramalsäure", vom Herrn Th. Morawski, eingesendet durch Herrn Prof. Gottlieb in Graz.

„Über die Bahnbestimmung des Planeten (100) Hecate", vom Herrn Dr. J. E. Stark in Utrecht, eingesendet durch Herrn Regrth. Th. R. v. Oppolzer.

„Beobachtungen über Theilungsvorgänge an Nervenzellen", und „Casuistische Beiträge zur Morphologie der Nervenzellen", beide vom Herrn Dr. M. J. Dietl, Brunnenarzt in Marienbad.

„Über neue und ungenügend bekannte Vögel von Neu-Guinea und den Inseln der Geelvinksbai", vom Herrn Dr. A. B. Meyer.

Herr Prof. Dr. V. v. Lang berichtet über seine Versuche zur Ermittelung der Abhängigkeit des Brechungsquotienten der Luft von der Temperatur.

Der Secretär von Schrötter spricht über die Umwandlung des gewöhnlichen Phosphors in amorphen durch die Einwirkung der Elektricität, und legt die von Dr. Geissler in Bonn angefertigten Glasapparate vor, in welchen diese Umwandlung geschah.

Herr Dr. H. Frombeck überreicht eine Abhandlung: „Über eine Erweiterung der Lehre von den Kugelfunctionen und die hierbei entspringenden Entwicklungsarten einer Function in unendlichen Reihen."

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Accademia delle Scienze fisiche e matematiche di Napoli: Atti. Vol. V. Napoli, 1873; 4°. — Rendiconto. Anno IX, X e XI. (1870, 1871, 1872.) Napoli; 4°.

Akademie der Wissenschaften, Königl. Preuss., zu Berlin: Abhandlungen aus dem Jahre 1872. Berlin, 1873; 4°. — Monatsbericht. Januar 1874. Berlin; 8°. — *Corpus inscriptionum latinarum. Vol. VII. Berolini, 1873; in folio.*

Annales des mines. VIIe Série. Tome IV, 5me Livraison de 1873. Paris; 8°.

Apotheker-Verein, allgem. österr.: Zeitschrift (nebst Anzeigen-Blatt.) 12. Jahrgang, Nr. 9. Wien, 1874; 8°.

Astronomische Nachrichten. Nr. 1979 (Bd. 83. 11.) Kiel, 1874; 4°.

Barrande, Joachim, Système silurien du centre de la Bohême. Texte, 3me Partie. Prague & Paris, 1874; 4°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Tome LXXVIII, Nr. 10. Paris, 1874; 4°.

Gesellschaft der Wissenschaften, kgl., zu Göttingen: Abhandlungen. XVIII. Band. Vom Jahre 1873. Göttingen; 4°. — Gelehrte Anzeigen. 1873. Band I & II. Göttingen; 8°. — Nachrichten aus dem Jahre 1873. Göttingen; 8°. — Das Buch der Jubiläen oder die kleine Genesis etc. Herausgegeben von Hermann Rönsch. Leipzig, 1874; 8°.

— österr., für Meteorologie: Zeitschrift. IX. Band, Nr. 6, Wien, 1874; 4°.

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Wochenschrift. XXXV. Jahrgang, Nr. 12. Wien, 1874; 4°.

Greifswald, Universität: Akademische Gelegenheitsschriften aus dem Jahre 1873/74. 4° & 8°.

Landbote, Der steirische. 7. Jahrgang, Nr. 6. Graz, 1874; 4°.

Landwirthschafts-Gesellschaft, k. k., in Wien: Verhandlungen und Mittheilungen. Jahrgang 1874, Nr. 3—4. Wien; 4°.

Meyer, Adolf Bernhard, Übersicht der von mir auf Neu-Guinea und den Inseln Jobi, Mysore und Mafoor im Jahre 1873 gesammelten Amphibien. Berlin, 1874; 8°.

Mittheilungen aus J. Perthes' geographischer Anstalt. 20. Band, 1874, III. Heft. Gotha; 4°.

Nature. Nr. 229, Vol. IX. London, 1874; 4°.

Pulkowa, Nicolai-Hauptsternwarte: Jahresbericht für 1871—72 und 1872—73. St. Pétersburg, 1873; 8°. — Observations de Poulkawa, publiées par Otto Struve. Vol. IV et V. St. Pétersbourg, 1872 & 1873; 4°.

Reichsforstverein, österr.: Österr. Monatsschrift für Forstwesen. XXIV. Band, Jahrgang 1874. April-Heft. Wien; 8°.

„Revue politique et littéraire" et „Revue scientifique de la France et de l'étranger." IIIe Année. 2me Série. Nr. 38. Paris, 1874; 4°.

Societas, Regia, Scientiarum Upsaliensis: Nova acta. Seriei tertiae Vol. VIII. fasc. II. Upsaliae, 1873; 4°. — Bulletin météorologique mensuel de l'Observatoire de l'Université d'Upsal. Vol. IV, Nrs. 1—12; Vol. V, Nrs. 1—6. Upsal, 1872 & 1873; 4°.

Société Géologique de France: Bulletin. 3me Série. Tome IIe. 1873. Nr. 1. Paris, 1873 à 1874; 8°.

Wiener Medizinische Wochenschrift. XXIII. Jahrgang, Nr. 12. Wien, 1874; 4°.

Über die Bahnbestimmung des Planeten (100) Hecate.

Von Dr. **J. E. Stark** in Utrecht.

Der Planet (100) wurde von Professor Watson am 11. Juli 1868 in Ann-Arbor entdeckt.

§. I.

Als Ausgangspunkt für meine Rechnungen benutzte ich folgendes vom Professor Watson, in Nr. 1718 der astronomischen Nachrichten angegebene Elementensystem.

T = Epoche 1868 Sept. 1·0 Washington *M. T.*

$$
\begin{aligned}
M_0 &= 10^\circ\ 5'30''4 \\
\pi &= 304\ 45\ 0\cdot5 \\
\Omega &= 128\ 28\ 37\cdot7 \\
i &= 6\ 33\ 34\cdot6 \\
\varphi &= 8\ 39\ 32\cdot5 \\
\log a &= 0\cdot493331 \\
\mu &= 645''669
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
A &= 218^\circ39'38''07 \\
B &= 130\ 27\ 38\cdot96 \\
C &= 114\ 23\ 2\cdot13
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
\log\sin a &= 9\cdot9982563 \\
\log\sin b &= 9\cdot9749245 \\
\log\sin c &= 9\cdot5341980.
\end{aligned}
$$

Mittl. Zeit 0^h		A. R. app. (100)	Decl. app. (100)	log Δ
Aug.	19	$20^h 44^m 36^s 29$	$-19°22'13''6$	0·22318
	20	20 43 58·33	−19 27 10·6	0·22437
	21	20 43 21·39	−19 32 1·8	0·22563
	22	20 42 45·26	−19 36 47·1	0·22695
	23	20 42 10·25	−19 41 26·3	0·22832
	24	20 41 36·31	−19 45 59·1	0·22974
	25	20 41 3·48	−19 50 25·5	0·23122
	26	20 40 31·81	−19 54 45·4	0·23275
	27	20 40 1·33	−19 58 58·4	0·23434
	28	20 39 32·08	−20 3 4·8	0·23598
	29	20 39 4·08	−20 7 4·2	0·23767
	30	20 38 37·37	−20 10 56·6	0·23941
	31	20 38 11·98	−20 14 41·9	0·24119
Sept.	1	20 37 47·92	−20 18 20·1	0·24302
	2	20 37 25·23	−20 21 51·1	0·24489
	3	20 37 3·92	−20 25 14·8	0·24680
	4	20 36 44·02	−20 28 31·2	0·24875
	5	20 36 25·55	−20 31 40·1	0·25075
	6	20 36 8·52	−20 34 41·6	0·25278
	7	20 35 52·96	−20 37 35·7	0·25485
	8	20 35 38·87	−20 40 22·3	0·25696
	9	20 35 26·27	−20 43 1·5	0·25911
	10	20 35 15·18	−20 45 33·2	0·26129
	11	20 35 5·62	−20 47 57·3	0·26350
	12	20 34 57·59	−20 50 13·8	0·26573
	13	20 34 51·10	−20 52 22·8	0·26800
	14	20 34 46·16	−20 54 24·3	0·27029
	15	20 34 42·78	−20 56 18·2	0·27260
	16	20 34 40·97	−20 58 4·5	0·27494
	17	20 34 40·73	−20 59 43·3	0·27732
	18	20 34 42·06	−21 1 14·6	0·27971
	19	20 34 44·96	−21 2 38·5	0·28212
	20	20 34 49·43	−21 3 54·9	0·28455
	21	20 34 55·46	−21 5 3·9	0·28700
	22	20 35 3·05	−21 6 5·6	0·28947
	23	20 35 12·20	−21 6 59·9	0·29195
	24	20 35 22·91	−21 7 46·9	0·29444
	25	20 35 35·15	−21 8 26·6	0·29695
	26	20 35 48·91	−21 8 59·1	0·29947
	27	20 36 4·18	−21 9 24·5	0·30200
	28	20 36 20·95	−21 9 42·8	0·30454
	29	20 36 39·20	−21 9 54·0	0·30709

§. 2.

Ephemeride.

Hecate 1868.

	0h	A. R. app.	Decl. app.	log Δ
	Mittl. Zeit	(100)	(100)	
Juli	11	21h 11m 20·12	−15° 43′ 36″2	0·22909
	12	21 10 49·66	−15 48 31·4	0·22770
	13	21 10 18·04	−15 53 32·6	0·22637
	14	21 9 45·30	−15 58 39·6	0·22510
	15	21 9 11·47	−16 3 52·1	0·22389
	16	21 8 36·60	−16 9 9·7	0·22274
	17	21 8 0·72	−16 14 32·2	0·22165
	18	21 7 23·88	−16 19 59·4	0·22062
	19	21 6 46·11	−16 25 30·9	0·21964
	20	21 6 7·47	−16 31 6·3	0·21873
	21	21 5 28·02	−16 36 45·4	0·21789
	22	21 4 47·80	−16 42 27·9	0·21711
	23	21 4 6·86	−16 48 13·4	0·21639
	24	21 3 25·26	−16 54 1·6	0·21574
	25	21 2 43·05	−16 59 52·0	0·21516
	26	21 2 0·29	−17 5 44·5	0·21464
	27	21 1 17·02	−17 11 38·6	0·21420
	28	21 0 33·31	−17 17 34·0	0·21383
	29	20 59 49·21	−17 23 30·3	0·21353
	30	20 59 4·79	−17 29 27·3	0·21330
	31	20 58 20·10	−17 35 24·5	0·21313
Aug.	1	20 57 35·20	−17 41 21·6	0·21303
	2	20 56 50·14	−17 47 18·3	0·21300
	3	20 56 4·98	−17 53 14·3	0·21305
	4	20 55 19·78	−17 59 9·2	0·21317
	5	20 54 34·59	−18 5 2·7	0·21336
	6	20 53 49·48	−18 10 54·5	0·21362
	7	20 53 4·50	−18 16 44·2	0·21395
	8	20 52 19·70	−18 22 31·6	0·21434
	9	20 51 35·16	−18 28 16·4	0·21480
	10	20 50 50·92	−18 33 58·1	0·21534
	11	20 50 7·04	−18 39 36·6	0·21595
	12	20 49 23·59	−18 45 11·5	0·21662
	13	20 48 40·63	−18 50 42·7	0·21736
	14	20 47 58·21	−18 56 9·6	0·21817
	15	20 47 16·39	−19 1 32·2	0·21904
	16	20 46 35·23	−19 6 50·1	0·21998
	17	20 45 54·79	−19 12 3·1	0·22098
	18	20 45 15·13	−19 17 11·0	0·22205

0h Mittl. Zeit		A. R. app. (100)	Decl. app. (100)	log Δ
Aug.	19	20h 44m 36ˢ·29	−19° 22′ 13″·6	0·22318
	20	20 43 58·33	−19 27 10·6	0·22437
	21	20 43 21·39	−19 32 1·8	0·22563
	22	20 42 45·26	−19 36 47·1	0·22695
	23	20 42 10·25	−19 41 26·3	0·22832
	24	20 41 36·31	−19 45 59·1	0·22974
	25	20 41 3·48	−19 50 25·5	0·23122
	26	20 40 31·81	−19 54 45·4	0·23275
	27	20 40 1·33	−19 58 58·4	0·23434
	28	20 39 32·08	−20 3 4·8	0·23598
	29	20 39 4·08	−20 7 4·2	0·23767
	30	20 38 37·37	−20 10 56·6	0·23941
	31	20 38 11·98	−20 14 41·9	0·24119
Sept.	1	20 37 47·92	−20 18 20·1	0·24302
	2	20 37 25·23	−20 21 51·1	0·24489
	3	20 37 3·92	−20 25 14·8	0·24680
	4	20 36 44·02	−20 28 31·2	0·24875
	5	20 36 25·55	−20 31 40·1	0·25075
	6	20 36 8·52	−20 34 41·6	0·25278
	7	20 35 52·96	−20 37 35·7	0·25485
	8	20 35 38·87	−20 40 22·3	0·25696
	9	20 35 26·27	−20 43 1·5	0·25911
	10	20 35 15·18	−20 45 33·2	0·26129
	11	20 35 5·62	−20 47 57·3	0·26350
	12	20 34 57·59	−20 50 13·8	0·26573
	13	20 34 51·10	−20 52 22·8	0·26800
	14	20 34 46·16	−20 54 24·3	0·27029
	15	20 34 42·78	−20 56 18·2	0·27260
	16	20 34 40·97	−20 58 4·5	0·27494
	17	20 34 40·73	−20 59 43·3	0·27732
	18	20 34 42·06	−21 1 14·6	0·27971
	19	20 34 44·96	−21 2 38·5	0·28212
	20	20 34 49·43	−21 3 54·9	0·28455
	21	20 34 55·46	−21 5 3·9	0·28700
	22	20 35 3·05	−21 6 5·6	0·28947
	23	20 35 12·20	−21 6 59·9	0·29195
	24	20 35 22·91	−21 7 46·9	0·29444
	25	20 35 35·15	−21 8 26·6	0·29695
	26	20 35 48·91	−21 8 59·1	0·29947
	27	20 36 4·18	−21 9 24·5	0·30200
	28	20 36 20·95	−21 9 42·8	0·30454
	29	20 36 39·20	−21 9 54·0	0·30709

0^h Mittl. Zeit	A. R. app. (100)	Decl. app. (100)	log Δ
Sept. 30	$20^h 36^m 58^s \cdot 92$	$-21° 9' 58'' 2$	0·30964
Oct. 1	20 37 20·10	−21 9 55·4	0·31221
2	20 37 42·73	−21 9 45·7	0·31479
3	20 38 6·80	−21 9 29·2	0·31737
4	20 38 32·28	−21 9 5·8	0·31995
5	20 38 59·15	−21 8 35·6	0·32254
6	20 39 27·41	−21 7 58·6	0·32513
7	20 39 57·05	−21 7 14·8	0·32772
8	20 40 28·04	−21 6 24·4	0·33031
9	20 41 0·37	−21 5 27·3	0·33290
10	20 41 34·04	−21 4 23·7	0·33550
11	20 42 9·03	−21 3 13·5	0·33810
12	20 42 45·31	−21 1 56·9	0·34070
13	20 43 22·88	−21 0 33·7	0·34329
14	20 44 1·72	−20 59 4·0	0·34588
15	20 44 41·81	−20 57 27·6	0·34846

§. 3.

Beobachtungen des Planeten (100)

Nr.	Ort	Mittl. Zeit Berlin	A. R.	Decl.	Quelle
1	Ann Arbor...	Juli 11·83662	$21^h 10^m 54^s \cdot 40$	$-15° 47' 45'' 4$	A. N. 1709
2	„ ...	„ 11·90645	21 10 52·28	−15 48 4·3	„ „
3	„ ...	„ 13·77140	21 9 53·43	−15 57 24·9	„ „
4	Clinton	„ 14·83143	21 9 30·00	−16 4 0·0	„ 1755
5	„	„ 15·73334	21 8 46·37	−16 7 41·7	„ „
6	„	„ 16·75712	21 8 10·06	−16 13 7·4	„ „
7	Marseille	„ 17·57615	21 7 40·00	−16 17 47·0	C. R. LXVII
8	Clinton	„ 17·70975	21 7 35·63	−16 18 16·4	A. N. 1755
9	Ann Arbor...	„ 17·76986	21 7 33·62	−16 18 37·1	„ „
10	Paris	„ 18·52171	21 7 4·68	−16 22 47·2	W.
11	„	„ 18·55340	21 7 3·63	−16 22 57·2	„
12	„	„ 19·49601	21 6 27·67	−16 28 9·0	„
13	Clinton	„ 19·76707	21 6 17·30	−16 29 43·2	A. N. 1755
14	Paris	„ 20·48491	21 5 49·37	−16 33 45·0	W.
15	„	„ 20·51291	21 5 48·37	−16 33 55·3	„
16	„	„ 21·48452	21 5 9·64	−16 39 23·1	„
17	Clinton	„ 21·76947	21 4 58·26	−16 41 2·3	A. N. 1755
18	Paris	„ 24·46447	21 3 6·35	−16 56 44·8	W.

Nr.	Ort	Mittl. Zeit Berlin	A. R.	Decl.	Quelle
19	Paris	Juli 24·54225	21ʰ 3ᵐ 2ˢ·98	−16°57′11″·8	W.
20	„	„ 25·43972	21 2 25·00	−17 2 25·1	„
21	Clinton	„ 25·74727	21 2 11·92	−17 4 13·2	A. N. 1755
22	Paris	„ 30·48083	20 58 44·48	−17 32 15·9	W.
23	„	„ 31·45457	20 58 0·91	−17 38 1·0	„
24	„	„ 31·50062	20 57 58·79	−17 38 18·2	„
25	„	Aug. 1·44715	20 57 16·00	−17 44 1·4	„
26	„	„ 7·47317	20 52 43·48	−18 19 27·3	„
27	„	„ 8·42313	20 52 1·18	−18 24 55·3	„
28	„	„ 10·56506	20 50 25·90	−18 37 6·3	„
29	„	„ 12·48370	20 49 2·62	−18 47 54·1	„
30	„	„ 13·44547	20 48 21·51	−18 53 11·9	„
31	Clinton	„ 17·63761	20 45 29·11	−19 15 25·0	A. N. 1755
32	„	„ 21·65374	20 42 57·91	−19 35 11·2	„ „
33	„	„ 25·72048	20 40 40·90	−19 53 32·8	„ „
34	Ann Arbor ...	Sept. 20·71483	20 35 3·83	−21 4 13·2	„ 1718
35	„ ...	„ 23·56416	20 35 30·73	−21 6 23·8	„ „
36	„ ...	Oct. 11·62532	20 42 59·68	−21 0 32·4	„ 1721
37	„ ...	„ 12·58017	20 43 36·02	−20 59 9·6	„ „

C. R. Comptes Rendus de l'Académie des Sciences.
A. N. Astronomische Nachrichten.
W. Schreiben des Herrn Dr. Wolf an Prof. M. Hoek.

§. 4.

Vergleichung der Beobachtungen mit der Ephemeride.

Nr.	Mittl. Zeit Berlin	Beobachtung α	Rechnung α	B.—R. $\Delta\alpha$	Beobachtung δ	Rechnung δ	B.—R. $\Delta\delta$
1	Juli 11·82688	21ʰ 10ᵐ 54ˢ·38	21ʰ 10ᵐ 55ˢ·02	− 0ˢ·64	−15° 47′ 41″·0	−15° 47′ 39″·8	− 1″·2
2	„ 11·89672	21 10 52·38	21 10 52·86	− 0·48	−15 47 59·9	−15 48 0·6	+ 0·7
3	„ 13·76173	21 9 53·32	21 9 53·20	+ 0·12	−15 57 20·5	−15 57 25·9	+ 5·4
4	„ 14·82177	21 9 30·03	21 9 17·58	+12·45	−16 3 59·5	−16 2 56·0	−1′ 3·5
5	„ 15·72371	21 8 46·24	21 8 46·34	− 0·10	−16 7 37·3	−16 7 41·5	+ 4·2
6	„ 16·74751	21 8 9·98	21 8 9·87	+ 0·11	−16 13 2·9	−16 13 10·3	+ 7·4
8	„ 17·70016	21 7 35·48	21 7 35·02	+ 0·46	−16 18 12·0	−16 18 20·8	+ 8·8
9	„ 17·76028	21 7 33·52	21 7 32·81	+ 0·71	−16 18 32·6	−16 18 40·6	+ 8·0
10	„ 18·51216	21 7 4·58	21 7 4·65	− 0·07	−16 22 42·4	−16 22 48·7	+ 6·3
11	„ 18·54384	21 7 3·58	21 7 3·45	+ 0·13	−16 22 52·4	−16 22 59·2	+ 6·8
12	„ 19·48647	21 6 27·54	21 6 27·41	+ 0·13	−16 28 4·3	−16 28 13·6	+ 9·3
13	„ 19·75752	21 6 17·25	21 6 16·92	+ 0·33	−16 29 38·6	−16 29 44·6	+ 6·0
14	„ 20·47539	21 5 49·23	21 5 48·81	+ 0·42	−16 33 40·3	−16 33 47·1	+ 6·8
15	„ 20·50338	21 5 48 27	21 5 47·71	+ 0·56	−16 33 50·5	−16 33 56·6	+ 6·1
16	„ 21·47502	21 5 9·51	21 5 9·00	+ 0·51	−16 39 18·4	−16 39 27·7	+ 9·3
17	„ 21·75997	21 4 58·30	21 4 57·52	+ 0·78	−16 40 57·7	−16 41 5·4	+ 7·7
18	„ 24·45501	21 3 6·20	21 3 6·12	+ 0·08	−16 56 40·1	−16 56 40·8	+ 0·7
19	„ 24·53279	21 3 2·94	21 3 2·84	+ 0·10	−16 57 6·4	−16 57 8·0	+ 1·6
20	„ 25·43028	21 2 24·83	21 2 24·71	+ 0·12	−17 2 20·5	−17 2 23·5	+ 3·0
21	„ 25·73780	21 2 11·97	21 2 11·55	+ 0·42	−17 4 8·5	−17 4 11·9	+ 3·4
22	„ 30·47135	20 58 44·37	20 58 43·75	+ 0·62	−17 32 11·0	−17 32 15·7	+ 4·7

23	Juli 31·44516	20 58 0·78	20 58 0·13	+ 0·65	−17 37 56·2	−17 38 3·5	+ 7·3
24	„ 31·49120	20 57 58·72	20 57 58·07	+ 0·65	−17 38 13·3	−17 38 20·0	+ 6.7
25	Aug. 1·43774	20 57 15·86	20 57 15·49	+ 0·37	−17 43 56·6	−17 43 57·8	+ 1·2
26	„ 7·46372	20 52 43·41	20 52 43·70	− 0·29	−18 19 22·3	−18 19 25·6	+ 3·3
27	„ 8·40369	20 52 1·10	20 52 1·68	− 0·58	−18 24 50·4	−18 24 51·2	+ 0·8
28	„ 10·55560	20 50 25·98	20 50 26·49	− 0·51	−18 37 1·4	−18 37 6·6	+ 5·2
29	„ 12·47419	20 49 2·59	20 49 3·15	− 0·56	−18 47 49·1	−18 47 49·1	+ 0·0
30	„ 13·43595	20 48 21·42	20 48 22·06	− 0·64	−18 53 7·1	−18 53 5·7	− 1·4
31	„ 17·62801	20 45 29·22	20 45 29·79	− 0·57	−19 15 20·4	−19 15 17.1	− 3·3
32	„ 21·64402	20 42 57·97	20 42 57·97	0·00	−19 35 6·6	−19 35 6·2	− 0·4
33	„ 25·71063	20 40 40·83	20 40 40·85	− 0·02	−19 53 28·2	−19 53 30·9	+ 2·7
34	Sept. 20·70368	20 35 3·96	20 34 53·51	+10·45	−21 4 9·3	−21 4 44·2	+34·9
35	„ 23·55284	20 35 30·65	20 35 17·93	+12·72	−21 6 19·8	−21 7 26·8	+1′ 7·0
36	Oct. 11·61272	20 42 59·75	20 42 31·11	+28·64	−21 0 28·8	−21 2 27·2	+1 58·6
37	„ 12·56749	20 43 36·03	20 43 6·47	+29·56	−20 59 6·0	−21 1 10·5	+2 4·5

§. 5.

Normalorte.

Mittl. Zeit Berlin			M. Äquin. 1868·0 α (100)	δ (100)	Beobachtungen
1868 Juli 18·29	Δα = + 0′17	Δδ = + 6″4	316°48′ 0″6	−16°21′39″8	15
Aug. 21·66	= − 0·196	= − 0·3	310 43 55·9	−19 35 22·8	3
Sept. 22·13	= +11·59	= + 51·0	308 48 30·9	−21 5 33·9	2
Oct. 12·09	= +29·10	= +2′ 1·6	310 48 58·9	−21 0 0·6	2

§. 6.

Differentialformeln für die Verbesserung der Elemente.

$$A = -\frac{\sin\alpha}{\Delta} \quad B = \frac{\cos\alpha}{\Delta} \quad C = \frac{-\cos\alpha\sin\delta}{\Delta} \quad D = \frac{-\sin\alpha\sin\delta}{\Delta} \quad E = \frac{\cos\delta}{\Delta} \quad F = -\frac{2}{3\mu\sin 1''} + a\,\mathrm{tg}\,\varphi\,(t-T)\frac{\sin\nu}{r}$$

$$G = a\,\mathrm{tg}\,\varphi\frac{\sin\nu}{r} \quad H = -a\cos\varphi\frac{\cos\nu}{r} \quad I = a^2\cos\varphi\frac{t-T}{r^2} \quad K = a^2\cos\varphi\,\frac{1}{r^2} \quad L = \frac{2}{\cos\varphi}\sin\nu + \frac{1}{2}\,\mathrm{tang}\,\varphi\sin 2\nu$$

$$M = x\cot(A+u) \quad N = y\cot(B+u) \quad O = z\cot(C+u) \quad P = r\cos a\sin u \quad Q = r\cos b\sin u \quad R = r\cos c\sin u$$

$$S = Ax+By \quad T = AM+BN \quad U = AP+BQ \quad V = -A(y\cos\varepsilon+z\sin\varepsilon)+Bx\cos\varepsilon \quad W = Cx+Dy+Ez$$

$$X = CM+DN+EO \quad Y = CP+DQ+ER \quad Z = -C(y\cos\varepsilon+z\sin\varepsilon)+Dx\cos\varepsilon+Ex\sin\varepsilon$$

$$(SF+TI)d\mu+(SG+TK)dM+(SH+TL)d\varphi+Td\pi+(V-T)d\Omega+Udi = \cos\delta\,d\alpha$$

$$(WF+XI)d\mu+(WG+XK)dM+(WH+XL)d\varphi+Xd\pi+(Z-X)d\Omega+Ydi = d\delta$$

Stark.

I	$1\cdot75297_n x$	$+0\cdot32847y$	$+9\cdot57394z$	$+0\cdot19217u$	$+8\cdot63204_n v$	$+7\cdot67544_n w$	$+0\cdot38859_n$	$= 0\ \cos\delta\,d\alpha$	Juli
II	$0\cdot70678_n$	$+9\cdot58518$	$+8\cdot98113$	$+9.44912$	$+9\cdot24832$	$+8\cdot41413$	$+0\cdot80618_n$	$= 0\quad d\delta$	„
III	$1\cdot81886_n$	$+0\cdot32445$	$-9\cdot61889$	$+0\cdot18839$	$+8\cdot56151_n$	$+8\cdot48106$	$+0\cdot44393$	$= 0\ \cos\delta\,d\alpha$	Aug.
IV	$1\cdot25379_n$	$+9\cdot49077$	$+8\cdot21278$	$+9\cdot35280$	$+9\cdot24264$	$+9\cdot30657_n$	$+9\cdot52288$	$= 0\quad d\delta$	„
V	$1\cdot67965_n$	$+0\cdot24808$	$+9\cdot67110$	$+0\cdot11177$	$+8\cdot46438_n$	$+8\cdot68959$	$+2\cdot21002_n$	$= 0\ \cos\delta\,d\alpha$	Sept.
VI	$1\cdot39700_n$	$+0\cdot18965$	$+9\cdot73709$	$+0\cdot05414$	$+8\cdot42728_n$	$+8\cdot78849$	$+2\cdot60930_n$	$= 0\ \cos\delta\,d\alpha$	Oct.
VII	$1\cdot22541_n$	$+9\cdot31534$	$+7\cdot52091$	$+9\cdot17007$	$+9\cdot10864$	$+9\cdot61420_n$	$+2\cdot08493_n$	$= 0\quad d\delta$	„

$$x = d\mu \quad y = dM \quad z = d\varphi \quad u = d\pi \quad v = d\Omega \quad w = di$$

§. 7.

Controlle der Coëfficienten.

Um mich von der Richtigkeit der Coëfficienten zu überzeugen, habe ich die Vergleichung der Normalorte mit geänderten Elementen vorgenommen. Ich habe gesetzt:

$$d\mu = +\ 10'0$$
$$dM = +120\cdot0$$
$$d\varphi = +120\cdot0$$
$$d\pi = +120\cdot0$$
$$d\Omega = +120\cdot0$$
$$di = +120\cdot0$$

Die dadurch in den geocentrischen Orten entstehenden Änderungen habe ich durch die Differentialformeln und durch directe Rechnung ermittelt.

	Directe Rechnung	Differentialformeln
18·29 Juli	$\Delta\alpha = -\ 90'90$	$\Delta\alpha = -\ 88'04$
	$\Delta\delta = +\ 65\cdot19$	$\Delta\delta = +\ 64\cdot87$
21·66 Oct.....	$\Delta\alpha = -183\cdot61$	$\Delta\alpha = -181\cdot90$
	$\Delta\delta + -117\cdot33$	$\Delta\delta = -117\cdot04$
22·13 Sept. ..	$\Delta\alpha = -\ 53\cdot91$	$\Delta\alpha = -\ 55\cdot66$
	$\Delta\delta = -180\cdot74$	$\Delta\delta = -181\cdot62$
12·09 Oct.....	$\Delta\alpha = +154\cdot46$	$\Delta\alpha = +152\cdot02$
	$\Delta\delta = -159\cdot40$	$\Delta\delta = -159\cdot03$

§. 8.

Aufstellung der Normalgleichungen.

I	0·75297$_n$ x	+0·32847 y	+0·57394 z	+0·19217 u	+9·63204$_n$ v	+8·67544$_n$ w	+0·38859$_n$ = 0
II	9·70678$_n$	+9·58518	+9·98113	+9·44912	+0·24832	+9·41413	+0·80618$_n$ = 0
III	0·81886$_n$	+0·32445	+0·61889	+0·18839	+9·56151$_n$	+9·48106	+0·44393$_n$ = 0
IV	0·25379$_n$	+9·49077	+9·21278	+9·35280	+0·24264	+0·30657$_n$	+9·52288$_n$ = 0
V	0·67965$_n$	+0·24808	+0·67100	+0·11177	+9·46438$_n$	+9·68959	+2·21002$_n$ = 0
VI	0·39700$_n$	+0·18965	+0·73709	+0·05414	+9·42728$_n$	+9·78849	+2·60930$_n$ = 0
VII	0·22541$_n$	+9·31534	+8·52091	+9·17007	+0·10864	+0·61420$_n$	+2·08493$_n$ = 0

$x = 10\,d\mu$ $y = dM$ $z = 0{\cdot}1\,d\varphi$ $u = d\pi$ $v = 0{\cdot}1\,d\Omega$ $w = 0{\cdot}1\,di$

2·04484 x	+1·59548$_n$ y	+1·93200$_n$ z	+1·45923$_n$ u	+9·84002 v	+0·68253 w	+3·29946 = 0
1·59548$_n$	+1·17057	+1·53071	+1·03443	+0·05061$_n$	+9·99026	+2·97471$_n$ = 0
1·93200$_n$	+1·53071	+1·92467	+1·39467	+0·59372$_n$	+0·81366	+3·47545$_n$ = 0
1·45923$_n$	+1·03443	+1·39467	+0·89829	+9·91750$_n$	+9·86358	+2·83869$_n$ = 0
9·84002	+9·05061$_n$	+0·59372	+9·91750$_n$	+0·91996	+0·94257$_n$	+1·03529$_n$ = 0
0·68253	+9·99026	+0·81366	+9·86358	+0·94257$_n$	+1·33849	+2·22926 = 0

Durch das Nullwerden von $[d\,d_3]$ konnte ich die Correctionen der Elemente auf diese Weise nicht berechnen. Ich habe dann sechs der Bedingungsgleichungen genommen und versucht, die Correctionen aufzulösen, aber es war mir nicht möglich, Werthe zu finden, die den sechs Gleichungen genügten. Nach vielen Versuchen gab ich die Sache auf und berechnete Elemente durch Variation von zwei Distanzen.

§. 9.

Berechnung von Elementen durch Variation von zwei Distanzen.

Hypothese I.

18·29 Juli $\log \Delta = 0{\cdot}2203190$

12·09 Oct. $\log \Delta_{,,} = 0{\cdot}3409256$

$\Omega = 128°29'27''52$

$i = 6\ 31\ 28{\cdot}35$

$\varphi = 9\ 16\ 46{\cdot}92$

$\log a = 0{\cdot}4988408$

$\log \mu = 2{\cdot}8017454$

$\pi = 304°56'\ 1''39$

$M = 1\ 51\ 0{\cdot}44$

21·66 Aug.	22·13 Sept.
$\alpha = 310°47'49''37$	$\alpha = 308°51'58''13$
$\delta = -\ 19\ 34\ 14{\cdot}30$	$\delta = -\ 21\ 4\ 42{\cdot}50$

Hypothese II.

18·29 Juli $\log \Delta = 0{\cdot}2203190$

12·09 Oct. $\log \Delta_{,,} = 0{\cdot}3409256 - 4000$

$\Omega = 128°29'30''65$

$i = 6\ 31\ 7{\cdot}13$

$\varphi = 9\ 16\ 31{\cdot}00$

$\pi = 305\ 45\ 12{\cdot}02$

$M = 1\ 15\ 57{\cdot}43$

$\log a = 0{\cdot}4988342$

$\log \mu = 2{\cdot}8017553$

21·66 Aug.	22·13 Sept.
$\alpha = 310°47'50''21$	$\alpha = 308°51'58''39$
$\delta = -\ 19\ 34\ 11{\cdot}68$	$\delta = -\ 21\ 4\ 42{\cdot}4$

Hypothese III.

18·29 Juli $\log \Delta = 0{\cdot}2203190 + 20000$
12·09 Oct. $\log \Delta_{,,} = 0{\cdot}3409256$

$\Omega = 128°30'41''09$
$i = 6\ 31\ 51{\cdot}31$
$\varphi = 9\ 19\ 59{\cdot}92$
$\pi = 308\ 16\ 2{\cdot}54$
$M = -\ 0\ 30\ 40{\cdot}63$
$\log a = 0{\cdot}5006239$
$\log \mu = 2{\cdot}7990708$

21·66 Aug.	22·13 Sept.
$\alpha = 310°48'47''11$	$\alpha = 308°52'23''27$
$\delta = -\ 19\ 33\ 44{\cdot}45$	$\delta = -\ 21\ 4\ 28{\cdot}0$

Hypothese IV.

$\Delta(\log \Delta) = -87200$
$\Delta(\log \Delta_{,,}) = -83400$
18·29 Juli $\log \Delta = 0{\cdot}2115990$
12·09 Oct. $\log \Delta_{,,} = 0{\cdot}3325856$

$\Omega = 128°25'10''99$
$i = 6\ 22\ 33{\cdot}33$ } M. Äquinoct. 1868·0
$\pi = 307\ 29\ 47{\cdot}27$
$\varphi = 9\ 0\ 39{\cdot}25$
$M = -\ 0\ 2\ 19{\cdot}16$
$\log a = 0{\cdot}4910971$
$\log \mu = 2{\cdot}8133609$

21·66 Aug.	22·13 Sept.
$\alpha = 310°43'53''9$	$\alpha = 308°48'30''8$
$\delta = -\ 19\ 35\ 28{\cdot}0$	$\delta = -\ 21\ 5\ 43{\cdot}5$

M. T. Berlin	B.—R. $\Delta\alpha$	B.—R. $\Delta\delta$
1868 Juli 18·29	0''0	0·0
„ Aug. 21·66	+2·0	+5·2
„ Sept. 22·13	+0·1	+9·6
„ Oct. 12·09	0·0	0·0

Die Näherung weiter fortzusetzen schien mir nutzlos, weil die Beobachtungen selbst den Beweis des Vorhandenseins von Fehlern darthun.

§. 10.

Übertragung der Elemente vom mittleren Äquinoctium 1868·0 auf das von 1870·0. Formeln in Nr. 826 der astronomischen Nachrichten. Band 35.

$$\Delta i = -\ 0{\cdot}3319233t\ -0{\cdot}00000903597t^2$$
$$\Delta\Omega = +47'25023912t+0{\cdot}00029852t^2$$
$$\Delta\pi = +50'25678802t+0{\cdot}00011118t^2$$

1·0 Juli 1868 M. T. Berlin.

$M = 356°50'10''77$
$\pi = 307\ 31\ 27{\cdot}78$
$\Omega = 128\ 26\ 45{\cdot}49$ } M. Äquinoct. 1870·0
$i = 6\ 22\ 32{\cdot}67$
$\varphi = 9\ 0\ 39{\cdot}25$
$\log a = 0{\cdot}4910971$
$\log \mu = 2{\cdot}8133609$
$\mu = 650''67015$

$A = 218°37'\ 9''10$ $\log \sin a = 9{\cdot}9983513$ $\varepsilon = 23°27'22''06$
$B = 130\ 22\ 53{\cdot}36$ $\log \sin b = 9{\cdot}9746009$
$C = 114\ 48\ 24{\cdot}94$ $\log \sin c = 9{\cdot}5358488$

§. 11.

(100) Hecate 1869.

Oppositionsephemeride.

12h m. Berl. Zt.		α	δ	log Δ	Abrrzt.
Oct.	31	3h 42m 45·63	+10° 29' 39·5	0·33809	18m 4s
Nov.	1	3 42 0·36	+10 26 32·5	0·33762	18 3
	2	3 41 14·41	+10 23 27·2	0·33721	18 2
	3	3 40 27·84	+10 20 23·7	0·33686	18 1
	4	3 39 40·70	+10 17 22·1	0·33657	18 1
	5	3 38 53·04	+10 14 22·6	0·33633	18 0
	6	3 38 4·93	+10 11 25·3	0·33615	18 0
	7	3 37 16·42	+10 8 30·7	0·33603	17 59
	8	3 36 27·55	+10 5 38·7	0·33597	17 59
	9	3 35 38·38	+10 2 49·6	0·33597	17 59
	10	3 34 48·97	+10 0 3·6	0·33603	17 59

12h m. Berl. Z.		α	δ	log Δ	Abrr. Zt.
Nov.	11	3h 33m 59s·38	+ 9° 57′ 20″·8	0·33615	17m 59s
	12	3 33 9·64	+ 9 54 51·5	0·33632	18 0
	13	3 32 19·81	+ 9 52 5·8	0·33655	18 1
	14	3 31 29·94	+ 9 49 33·9	0·33684	18 1
	15	3 30 40·09	+ 9 47 6·0	0·33719	18 2
♍	16	3 29 50·30	+ 9 44 42·3	0·33761	18 3
	17	3 29 0·62	+ 9 42 22·9	0·33809	18 4
	18	3 28 11·10	+ 9 40 7·9	0·33862	18 6
	19	3 27 21·79	+ 9 37 57·5	0·33920	18 7
	20	3 26 32·74	+ 9 35 51·9	0·33984	18 9
	21	3 25 43·99	+ 9 33 51 2	0·34055	18 11
	22	3 24 55·60	+ 9 31 55·5	0·34132	18 12
	23	3 24 7·61	+ 9 30 4·9	0·34213	18 14
	24	3 23 20·07	+ 9 28 19·6	0·34299	18 17
	25	3 22 33·02	+ 9 26 39·7	0·34391	18 19
	26	3 21 46·50	+ 9 25 5·4	0·34489	18 21
	27	3 21 0·57	+ 9 23 36·9	0·34593	18 24
	28	3 20 15·27	+ 9 22 14·3	0·34702	18 27
	29	3 19 30·64	+ 9 20 57·5	0·34816	18 30
	30	3 18 46·72	+ 9 19 46·6	0·34935	18 33
Dec.	1	3 18 3·56	+ 9 18 41·8	0·35059	18 36
	2	3 17 21·22	+ 9 17 43·3	0·35189	18 39

(100) Hecate 1870.

Jahresephemeride.

0h m. Berl. Zeit		A. R. app.	Decl. app.	log Δ	log r
Jän.	1	3h 4m·7	+ 9° 38′	0·407	0·508
„	21	3 6·5	+10 40	0·453	0·511
Febr.	10	3 15·9	+12 7	0·499	0·515
März	2	3 31·5	+13 47	0·540	0·518
„	22	3 51·6	+15 27	0·575	0·522
April	11	4 14·9	+17 0	0·603	0·525
Mai	1	4 40·6	+18 19	0·624	0·529
„	21	5 7·8	+19 19	0·638	0·531
Juni	10	5 35·8	+19 59	0·646	0·534
„	30	6 3·9	+20 17	0·648	0·537
Juli	20	6 31·4	+20 14	0·643	0·539
Aug.	9	6 57·7	+19 52	0·632	0·541
„	29	7 22·1	+19 16	0·614	0·543
Sept.	18	7 43·6	+18 32	0·590	0·545
Oct.	8	8 1·3	+17 47	0·559	0·547
„	28	8 13·9	+17 12	0·524	0·548

Mn. Berl. Zeit	A. R. app.	Decl. app.	log Δ	log r
Nov. 17·	8ʰ19ᵐ8	+16°57′	0·486	0·549
Dec. 7	8 17·8	+17 11	0·450	0·551
„ 27	8 7·9	+17 57	0·423	0·552

§. 12.

Jupiterstörungen,

berechnet nach Encke's Formeln, Berliner Jahrbuch für 1858, sind in Einheiten der siebenten Decimale.

	Δx	Δy	Δz
1868 Juni 20	+ 4·33	+ 17·34	— 0·53
Juli 30	+ 5·28	+ 18·29	— 0·46
Sept. 8	+ 56·02	+ 173·45	— 3·49
Oct. 18	+ 180·17	+ 510·79	— 6·73
Nov. 27	+ 407·63	+ 1059·61	— 5·52
1869 Jän. 6	+ 784·68	+ 1849·49	+ 6·17
Febr. 15	+ 1385·45	+ 2914·13	+ 35·00
März 27	+ 2321·36	+ 4299·84	+ 90·61
Mai 6	+ 3744·55	+ 6076·12	+ 178·15
Juni 15	+ 5843·69	+ 8344·31	+ 304·08
Juli 25	+ 8828·42	+11241·64	+ 470·87
Sept. 3	+12906·13	+14939·88	+ 675·54
Oct. 13	+18250·76	+19639·26	+ 907·25
Nov. 22	+24970·93	+25560·20	+1145·82
Dec. 32	+33085·53	+32944·52	+1414·00

§. 13.

Beobachtungen der (100) Hecate auf der Sternwarte in Lund.

Astronomische Nachrichten Nr. 1905.

1869 Nov. 1·5	Δα = +43ˢ·22	Δδ = +4′11″·6
„ „ 10·5	„ = +43·86	„ = +4 19·9
„ „ 11·5	„ = +43·92	„ = +4 19·7
„ „ 26·5	„ = +43·37	„ = +4 32·6

§. 14.

Normalorte.

Mittl. Zeit Berlin.			M. Äquinoct. 1868·0 α (100)	δ (100)	Beobachtungen
1868 Juli 18·29	$\Delta\alpha = +\ 0'00$	$\Delta\delta = +\ 0·0$	316°48' 0"6	−16°21'39"8	15
1868 Oct. 12·09	„ $= +\ 0·00$	„ $= +\ 0·0$	310 48 58·9	−21 0 0·6	2
			M. Äquinoct. 1870·0		
1869 Nov. 12·50	„ $= +48·60$	„ $= +3'36"85$	53 29 32·83	+ 9 58 22·09	4

Stark.

§. 15.

Gleichungen.

I	$0·88484\ x$	$+0·33770y$	$+9·32907\ z$	$+0·19514u$	$+8·62625_n v$	$+7·69849_n w$	$= 0 \cos\delta\ d\alpha$	Juli
II	0·28291	+9·60285	+8·82809	+9·46028	+9·23910	+8·42908	$= 0 \quad d\delta$	Juli
III	0·86348	+0·19771	+9·64396	+0·05527	$+8·42107_n$	+8·81178	$= 0 \cos\delta\ d\alpha$	Oct.
IV	$9·52602_n$	+9·33526	$+8·01904_n$	+9·18395	+9·09704	$+9·62579_n$	$= 0 \quad d\delta$	Oct.
V	1·82783	+0·12403	+0·42660	+0·14550	+7·26482	+9·57745	$+2·85613_n = 0 \cos\delta\ d\alpha$	Nov.
VI	1·25035	+9·58356	+9·88393	+9·59210	$+8·601_{85n}$	$+0·13199_n$	$+2·33616_n = 0 \quad d\delta$	Nov.

$$x = 10\, d\mu \qquad u = d\pi$$
$$y = dM \qquad v = d\Omega$$
$$z = d\varphi \qquad w = di$$

Auflösung der Gleichungen.

a	$9\cdot15681_n y$	$+8\cdot14490\ z$	$+9\cdot01428_n u$	$+9\cdot26481 v$	$+8\cdot44882\ w$	$=0$ (I. II.)
b	$9\cdot69479_n$	$+9\cdot37551$	$+9\cdot55185_n$	$+8\cdot14283$	$+8\cdot84251$	$=0$ (I. III.)
c	$9\cdot49367$	$+7\cdot04543_n$	$+9\cdot34505$	$+9\cdot09056$	$+9\cdot62601_n$	$=0$ (I. IV.)
d	$1\cdot24931_n$	$+9\cdot90286$	$+1\cdot09154_n$	$+9\cdot57139$	$+9\cdot62507$	$+2\cdot85613_n=0$ (I. V.)
e	$0\cdot66892_n$	$+9\cdot43218$	$+0\cdot51126_n$	$+8\cdot76448$	$+0\cdot12826_n$	$+2\cdot33616_n=0$ (I. VI.)

f	$9\cdot96748_n z$	$+9\cdot64429\ u$	$+1\cdot35015_n v$	$+0\cdot48517_n w$	$+2\cdot85613_n=0$ $(a\ d)$
g	$9\cdot26350_n$	$+9\cdot06088$	$+0\cdot77268_n$	$+0\cdot35363_n$	$+2\cdot33616_n=0$ $(a\ e)$
h	$9\cdot33267$	$+8\cdot07794_n$	$+7\cdot57383_n$	$+8\cdot76208_n$	$+1\cdot30161=0$ $(b\ d)$
i	$8\cdot11143$	$+7\cdot66390$	$+9\cdot11303$	$+9\cdot61834_n$	$+1\cdot10049_n=0$ $(c\ d)$

k	$8\cdot44543u$	$+0\cdot17529_n v$	$+0\cdot21835_n w$	$+1\cdot87446_n=0$ $(h\ i)$
l	$8\cdot95542$	$+0\cdot71563_n$	$+9\cdot87443_n$	$+2\cdot16566_n=0$ $(g\ h)$
m	$8\cdot03153$	$+9\cdot26063_n$	$+9\cdot66072_n$	$+1\cdot35421_n=0$ $(f\ h)$

o	$9\cdot54495_n v$	$+0\cdot66285w$	$+1\cdot98189=0$ $(k\ l)$
p	$9\cdot59666$	$+9\cdot25433$	$+0\cdot79744=0$ $(k\ w)$

q $\quad 0\cdot72935w=2\cdot05811_n$

$$\log x = 0\cdot73452 \qquad \log u = 3\cdot03731$$
$$\log y = 2\cdot90336_n \qquad \log v = 0\cdot79136_n$$
$$\log z = 1\cdot56322_n \qquad \log w = 1\cdot32876_n$$

$$d\mu = +\ 0'54265 \qquad d\pi = +18'\ 9''7$$
$$dM = -13'20\cdot5 \qquad d\Omega = -\ 6\cdot1853$$
$$d\varphi = -\ 36\cdot58 \qquad di = -\ 21\cdot32$$

§. 16. (100) Hecate.

1868 Juli 10·0 Berl. Zeit

$M = 358°14'31''1852$
$\pi = 307\ 49\ 37{\cdot}48$ } mittl. Äquinoct. 1870·0
$\Omega = 128\ 26\ 39{\cdot}30$ }
$i = 6\ 22\ 11{\cdot}35$ }
$\varphi = 9\ 0\ 2{\cdot}67$
$\log a = 0{\cdot}4908558$
$\log \mu = 2{\cdot}8137229$
$\mu = 651''2128$

$A = 218°37'\ 1''75$ $\log \sin a = 9{\cdot}9983541$
$B = 130\ 22\ 41{\cdot}62$ $\log \sin b = 9{\cdot}9745902$
$C = 114\ 49\ 10{\cdot}87$ $\log \sin c = 9{\cdot}5359039$

Bei directer Berechnung der Normalorte aus diesen Elementen bleiben folgende Fehler zurück:

M. Z. Berlin	B.—R.	
1868 Juli 18·29	$\Delta\alpha = -2''16$	$\Delta\delta = -0''20$
1868 Oct. 12·50	„ $= +2{\cdot}13$	„ $= -0{\cdot}03$
1869 Nov. 12·50	„ $= +0{\cdot}45$	„ $= +0{\cdot}28$

§. 17.

(100) Hecate 1871.

Oppositionsephemeride.

12^h m. Berl. Zt.		α	δ	log Δ	Aberr. Zt.
Jän.	0	$8^h\ 4^m12''44$	$+18°15'\ 0''8$	0·42039	$21^m50''$
	1	8 3 28·34	+18 18 11·0	0·41965	21 48
	2	8 2 43·57	+18 21 23·2	0·41896	21 46
	3	8 1 58·18	+18 24 37·4	0·41832	21 44
	4	8 1 12·22	+18 27 53.4	0·41772	21 42
	5	8 0 25·73	+18 31 11·2	0·41718	21 40
	6	7 59 38·73	+18 34 30·8	0 41668	21 39
	7	7 58 51·26	+18 37 51·9	0·41623	21 38
	8	7 58 3·39	+18 41 14·5	0·41583	21 37
	9	7 57 15·15	+18 44 38·1	0·41548	21 36
	10	7 56 26·56	+18 48 2·6	0·41519	21 35
	11	7 55 37·68	+18 51 27·9	0·41495	21 34
	12	7 54 48·55	+18 54 53·9	0·41476	21 34
	13	7 53 59·23	+18 58 20·3	0·41462	21 33

12h m. Berl. Zt.		α	δ	log Δ	Aberr. Zt.
Jän.	14	7h 53m 9·74	+19° 1'47"0	0·41454	21m 38s
♌	15	7 52 20·13	+19 5 13·8	0·41451	21 38
	16	7 51 30·47	+19 8 40·8	0·41453	21 38
	17	7 50 40·80	+19 12 7·7	0·41460	21 38
	18	7 49 51·15	+19 15 34·2	0·41473	21 38
	19	7 49 1·59	+19 19 0·3	0·41491	21 34
	20	7 48 12·16	+19 22 25·7	0·41514	21 35
	21	7 47 22·91	+19 25 50·4	0·41542	21 36
	22	7 46 33·89	+19 29 14·2	0·41576	21 37
	23	7 45 45·15	+19 32 37·0	0·41615	21 38
	24	7 44 56·73	+19 35 58·6	0·41659	21 39
	25	7 44 8·67	+19 39 18·9	0·41708	21 40
	26	7 43 21·04	+19 42 37·8	0·41762	21 42
	27	7 42 33·87	+19 45 55·1	0·41821	21 44
	28	7 41 47·20	+19 49 10·8	0·41885	21 46
	29	7 41 1·08	+19 52 24·7	0·41954	21 48
	30	7 40 15·54	+19 55 36·8	0·42028	21 50
	31	7 39 30·62	+19 58 46·8	0·42106	21 52
Febr.	1	7 38 46·37	+20 1 54·7	0·42189	21 55

(100) Hecate 1871.

Jahresephemeride.

0h m. Berl. Zt.		A. R. app.	Decl. app.	log Δ	log r
Jän.	16	7h 53m 8	+19° 2'	0·413	0·552
Febr.	5	7 38·2	+20 8	0·423	0·553
„	25	7 27·6	+20 59	0·450	0·554
März	17	7 25·2	+21 30	0·487	0·554
April	6	7 30·9	+21 40	0·526	0·554
„	26	7 43·1	+21 30	0·562	0·554
Mai	16	8 0·5	+20 59	0·594	0·554
Juni	5	8 21·4	+20 9	0·620	0·553
„	25	8 44·4	+18 59	0·639	0·553
Juli	15	9 8·8	+17 32	0·652	0·552
Aug.	4	9 33·9	+15 50	0·658	0·551
„	24	9 59·0	+13 55	0·659	0·550
Sept.	13	10 23·7	+11 54	0·652	0·549
Oct.	3	10 47·7	+ 9 51	0·639	0·547
„	23	11 10·3	+ 7 52	0·619	0·546
Nov.	12	11 30·9	+ 6 6	0·592	0·544
Dec.	2	11 48·7	+ 4 42	0·558	0·542
„	22	12 2·5	+ 3 49	0·518	0·540
„	42	12 10·8	+ 3 39	0·476	0·537

§. 18.
Jupiterstörungen.

			$\omega^2 \frac{dd\xi}{dt^2}$	ξ
1868	Juni	20	+ 27·06	+ 4·33
	Juli	30	+ 49·80	+ 5·28
	Sept.	8	+ 73·00	+ 56·06
	Oct.	18	+ 102·12	+ 180·34
	Nov.	27	+ 147·49	+ 408·09
1869	Jän.	6	+ 221·01	+ 785·72
	Febr.	15	+ 332·62	+ 1387·49
	März	27	+ 485·87	+ 2325·35
	Mai	6	+ 676·04	+ 3752·16
	Juni	15	+ 888·15	+ 5856·83
	Juli	25	+1097·21	+ 8849·40
	Sept.	3	+1272·65	+ 12936·38
	Oct.	13	+1381·05	+ 18290·43
	Nov.	22	+1397·39	+ 25017·85
1870	Jän.	1	+1308·68	+ 33133·91
	Febr.	10	+1114·07	+ 42549·82
	März	22	+ 824·48	+ 53071·89
	Mai	1	+ 455·50	+ 64411·82
	Juni	10	+ 25·71	+ 76202·18
	Juli	20	− 446·43	+ 88014·73
	Aug.	29	− 943·01	+ 99378·64
	Oct.	8	−1448·24	+109799·01
	Nov.	17	−1945·88	+118771·65
	Dec.	27	−2420·66	+125800·34
1871	Febr.	5	−2865·56	+130410·85

			$\omega^2 \frac{dd\eta}{dt^2}$	η
1868	Juni	20	+ 131·25	+ 17·34
	Juli	30	+ 153·68	+ 18·28
	Sept.	8	+ 181·94	+ 173·38
	Oct.	18	+ 211·33	+ 510·52
	Nov.	27	+ 240·49	+ 1058·97
1869	Jän.	6	+ 273·28	+ 1848·11
	Febr.	15	+ 318·50	+ 2911·77
	März	27	+ 386·98	+ 4295·77
	Mai	6	+ 487·53	+ 6069·42
	Juni	15	+ 625·19	+ 8333·69
	Juli	25	+ 797·24	+ 11226·02
	Sept.	3	+ 997·92	+ 14917·97
	Oct.	13	+1218·81	+ 19609·53
	Nov.	22	+1451·68	+ 25520·89

			$\omega^2 \frac{dd\eta}{dt^2}$	η
1870	Jän.	1	+1686·17	+ 32884·17
	Febr.	10	+1909·07	+ 41932·46
	März	22	+2110·05	+ 52888·09
	Mai	1	+2264·50	+ 65949·89
	Juni	10	+2367·69	+ 81271·92
	Juli	20	+2405·67	+ 98956·20
	Aug.	29	+2369·39	+119039·97
	Oct.	8	+2253·36	+141486·48
	Nov.	17	+2055·06	+166179·49
	Dec.	27	+1771·60	+192920·47
1871	Febr.	5	+1406·41	+221426·41

			$\omega^2 \frac{dd\zeta}{dt^2}$	ζ
1868	Juni	20	— 4·74	— 0·53
	Juli	30	— 3·21	— 0·46
	Sept.	8	— 0·35	— 3·49
	Oct.	18	+ 4·23	— 6·78
	Nov.	27	+ 10·46	— 5·60
1869	Jän.	6	+ 17·78	+ 6·08
	Febr.	15	+ 25·51	+ 35·60
	März	27	+ 32·72	+ 90·54
	Mai	6	+ 38·29	+ 178·08
	Juni	15	+ 40·69	+ 303·65
	Juli	25	+ 37·58	+ 469·45
	Sept.	3	+ 26·48	+ 671·97
	Oct.	13	+ 5·93	+ 900·57
	Nov.	22	— 23·21	+1134·20
1870	Jän.	1	— 57·70	+1344·16
	Febr.	10	— 92·62	+1496·39
	März	22	—123·32	+1556·37
	Mai	1	—146·15	+1493·65
	Juni	10	—158·97	+1285·65
	Juli	20	—160·95	+ 919·55
	Aug.	29	—152·29	+ 393·42
	Oct.	8	—133·78	— 284·22
	Nov.	17	—106·64	—1094·90
	Dec.	27	— 72·24	—2011·61
1871	Febr.	5	— 32·18	—3000·09

§. 19.

Beobachtungen der (100) Hecate auf der Sternwarte in Lund.

Astronomische Nachrichten Nr. 1847.

1871	Jän.	15	$\Delta\alpha = -4^s02$	$\Delta\delta = +5''6$
	„	29	„ $= -3\cdot26$	„ $= +5\cdot9$

§. 20.

(100) Hecate 1872.

Jahresephemeride.

0^h m. Berl. Zeit		A. R. app.	Decl. app.	log Δ	log r
Jän.	31	12^h12^m2	+ 4°20′	0·438	0·535
Febr.	20	12 6·0	+ 5 48	0·399	0·532
März	11	11 53·6	+ 7 45	0·380	0·530
„	31	11 39·4	+ 9 33	0·382	0·527
April	20	11 28·5	+10 37	0·403	0·523
Mai	10	11 24·5	+10 45	0·435	0·520
„	30	11 28·1	+ 9 59	0·472	0·517
Juni	19	11 38·2	+ 8 32	0·508	0·513
Juli	9	11 53·5	+ 6 34	0·539	0·509
„	29	12 12·8	+ 4 13	0·566	0·506
Aug.	18	12 35·1	+ 1 38	0·586	0·502
Sept.	7	12 59·6	− 1 6	0·600	0·498
„	27	13 26·0	− 3 52	0·609	0·493
Oct.	17	13 54·0	− 6 35	0·610	0·489
Nov.	6	14 23·1	− 9 8	0·605	0·485
„	26	14 52·9	−11 25	0·594	0·480
Dec.	16	15 23·1	−13 21	0·576	0·476
Jän.	5	15 52·9	−14 51	0·551	0·471

(100) Hecate 1872.

Oppositionsephemeride.

12^h m. Berl. Zeit		α	δ	log Δ	Abrr. Zeit
Febr.	28	$11^h57^m3''82$	+ 7° 1′ 5″7	0·38949	20m20s
	29	11 56 26·16	+ 7 7 1·9	0·38851	20 17
März	1	11 55 47·81	+ 7 12 59·8	0·38758	20 14
	2	11 55 8·82	+ 7 18 59·1	0·38671	20 12
	3	11 54 29·24	+ 7 24 59·6	0·38588	20 10
	4	11 53 49·10	+ 7 31 0·9	0·38510	20 8
	5	11 53 8·43	+ 7 37 2·6	0·38438	20 6
	6	11 52 27·27	+ 7 43 4·5	0·38371	20 4

12ᵃ m. Berl. Zeit		α	δ	log Δ	Abrr. Zeit
März	7	11ʰ 51ᵐ 45ˢ·65	+ 7° 49′ 6·3	0·38309	20ᵐ 3ˢ
	8	11 51 3·63	+ 7 55 7·6	0·38253	20 2
	9	11 50 21·26	+ 8 1 8·0	0·38202	20 1
	10	11 49 38·56	+ 8 7 7·2	0·38156	19 59
	11	11 48 55·58	+ 8 13 4·9	0·38116	19 57
	12	11 48 12·37	+ 8 19 0·8	0·38080	19 56
	13	11 47 28·97	+ 8 24 54·5	0·38051	19 55
	14	11 46 45·43	+ 8 30 45·7	0·38027	19 54
	15	11 46 1·79	+ 8 36 34·0	0·38009	19 54
	16	11 45 18·09	+ 8 42 19·2	0·37996	19 54
☍	17	11 44 34·38	+ 8 48 1·0	0·37989	19 54
	18	11 43 50·70	+ 8 53 39·0	0·37987	19 54
	19	11 43 7·08	+ 8 59 13·0	0·37991	19 54
	20	11 42 23·58	+ 9 4 42·7	0·38000	19 54
	21	11 41 40·23	+ 9 10 7·9	0·38014	19 54
	22	11 40 57·08	+ 9 15 28·3	0·38034	19 55
	23	11 40 14·16	+ 9 20 43·5	0·38059	19 56
	24	11 39 31·51	+ 9 25 53·4	0·38089	19 57
	25	11 38 49·18	+ 9 30 57·7	0·38124	19 58
	26	11 38 7·22	+ 9 35 56·2	0·38165	19 59
	27	11 37 25·65	+ 9 40 48·6	0·38210	20 0
	28	11 36 44·51	+ 9 45 34·8	0·38261	20 2
	29	11 36 3·83	+ 9 50 14·6	0·38316	20 3
	30	11 35 23·66	+ 9 54 47·7	0·38376	20 4
	31	11 34 44·02	+ 9 59 14·0	0·38441	20 6
April	1	11 34 4·96	+10 3 33·2	0·38511	20 8
	2	11 33 26·53	+10 7 45 3	0·38586	20 10
	3	11 32 48·75	+10 11 50·0	0·38666	20 13
	4	11 32 11·65	+10 15 46·8	0·38750	20 15

§. 21.

Jupiterstörungen.

			$\omega^2 \frac{dd\xi}{dt^2}$	ξ
1871	Febr.	5	−2865·56	+130410·85
	März	17	−3260·50	+132159·97
	April	26	−3594·20	+130653·69
	Juni	5	−3853·79	+125559·39
	Juli	15	−4023·53	+116618·79
	Aug.	24	−4087·26	+103663·48
	Oct.	3	−4028·80	+ 86631·11
	Nov.	12	−3829·13	+ 65581·70
	Dec	22	−3472·03	+ 40716·27

1872 Jän.	31	—2925·10	+ 12394·64
März	11	—2182·35	— 18835·76
April	20	—1224·51	— 52230·61

		$\omega^2 \frac{dd\eta}{dt^2}$	η
1871 Febr.	5	+1408·41	+221426·41
März	17	+ 962·71	+251333·88
April	26	+ 438·58	+282197·52
Juni	5	— 158·54	+313493·66
Juli	15	— 823·58	+344625·60
Aug.	24	—1548·50	+374928·97
Oct.	3	—2321·79	+403679·81
Nov.	12	—3129·07	+430106·02
Dec.	22	—3949·42	+453402·08
1872 Jän.	31	—4757·15	+472749·77
März	11	—5515·24	+487344·45
April	20	—6178·48	+496431·79

		$\omega^2 \frac{dd\zeta}{dt^2}$	ζ
1871 Febr.	5	— 32·18	—3000·09
März	17	+ 12·10	—4020·41
April	26	+ 58·90	—5028·40
Juni	5	+106·56	—5977·43
Juli	15	+153·27	—6819·98
Aug.	24	+196·93	—7509·51
Oct.	3	+235·36	—8002·55
Nov.	12	+265·86	—8260·88
Dec.	22	+285·42	—8254·27
1872 Jän.	31	+290·87	—7963·42
März	11	+278·18	—7383·21
April	20	+243·38	—6526·66

§. 22.

Beobachtungen der (100) Hecate auf der Sternwarte in Lund.

Nr. 1905 der Astronomischen Nachrichten.

1872 März	8	$\Delta\alpha = -26{\cdot}83$	[illegible] +2'7"0
	9	„ $= -26{\cdot}81$	[illegible] 6·1
	10	„ $= -26{\cdot}79$	[illegible] ·7
	12	„ $= -26{\cdot}64$	0
	13	„ $= -26{\cdot}87$	[illegible]

Normalorte.

M. Z. Berlin			Ephemeriden-Correction
1868 Juli 18·29	$\Delta\alpha = -\ 0'14$	$\Delta\delta = -0'0''2$	„
1869 Nov. 12·50	„ $= +\ 0·03$	„ $= +0\ 0·3$	„
1871 Jän. 22·50	„ $= -\ 3·64$	„ $= +0\ 5·8$	„
1872 März 11·00	„ $= -26·79$	„ $= +2\ 6·8$	„

	M. Äquinoctium 1870·0		Beobachtungen
1868 Juli 18·29	$\Delta\alpha = 316°49'40''78$	$\Delta\delta = -16°21'10''6$	15
1869 Nov. 12·50	„ $= 53\ 29\ 32·83$	„ $= +\ 9\ 58\ 22·1$	4
1871 Jän. 22·50	„ $= 117\ 5\ 27·77$	„ $= +19\ 24\ 21·7$	2
1872 März 11·00	„ $= 178\ 16\ 4·13$	„ $= +\ 7\ 46\ 59·8$	5

§. 24.

Bedingungsgleichungen.

I	$3·17375\,x$	$+0·04378\,y$	$+0·27448_n z$	$+0·12461\,u$	$+8·64529_n v$	$+9·52428\,w$	$+2·60005$	$= 0$	$\cos\delta\,d\alpha$ März 1872
II	$2·70427_n$	$+9·58265_n$	$+9·79931$	$+9·66902_n$	$+8·99990_n$	$+9·98090$	$+2·10312_n$	$= 0$	$d\delta$ „ „
III	$2·97143$	$+0·00927$	$+9·70532$	$+0·13770$	$+8·29196$	$+8·29313_n$	$+1·71180$	$= 0$	$\cos\delta\,d\alpha$ Jän. 1871
IV	$1·85006_n$	$+8·88008_n$	$+8·51468_n$	$+9·00936_n$	$+9·17304_n$	$+9·42234_n$	$+0·75967_n$	$= 0$	$d\delta$ „ „
V	$2·82080$	$+0·12459$	$+0·42722$	$+0·14575$	$+7·27575$	$+9·57608$	$+9·64660_n$	$= 0$	$\cos\delta\,d\alpha$ Nov. 1869
VI	$2·24135$	$+9·58291$	$+9·88321$	$+9·59110$	$+8·60560_n$	$+0·13198_n$	$+9·44716_n$	$= 0$	$d\delta$ „ „
VII	$1·75667$	$+0·33760$	$+9·29053$	$+0·19516$	$+8·61460_n$	$+7·69695_n$	$+0·32053$	$= 0$	$\cos\delta\,d\alpha$ Juli 1868
VIII	$1·19244$	$+9·60301$	$+8·80612$	$+9·46054$	$+9·23842$	$+8·42929$	$+9·25527$	$= 0$	$d\delta$ „ „

Controle der Coëfficienten durch abgeänderte Elemente.

Ich habe gesetzt:

$$d\mu = +\ 0'1 \qquad d\pi = +30'0$$
$$dM = +30\cdot0 \qquad d\Omega = +30\cdot0$$
$$d\varphi = +30\cdot0 \qquad di = +30\cdot0$$

	Directe Rechnung		Differentialformeln	
	$\cos\delta\, d\alpha$	$d\delta$	$\cos\delta\, d\alpha$	$d\delta$
1872 März 11·0	+172'44	−31'51	+174'62	−31'61
1871 Jän. 22·5	+179·59	−25·83	+179·52	−25·81

Normalgleichungen.

0·58386 x	+0·58936 y	+9·86501$_n z$	+0·66321 u	+9·45575$_n v$	+9·45020w	+2·84917 = 0
0·58936	+0·96543	+0·39876	+0·93457	+9·71955$_n$	+9·11349$_n$	+2·73707 = 0
9·86501$_n$	+0·39876	+1·07822	+0·35464	+8·88336$_n$	+9·73907$_n$	+2·90506$_n$ = 0
0·66321	+0·93457	+0·35464	+0·93132	+9·71188$_n$	+8·41534$_n$	+2·82187 = 0
9·45575$_n$	+9·71955$_n$	+8·88336$_n$	+9·71188$_n$	+0·83138	+0·01958$_n$	+1·70863$_n$ = 0
9·45020	+9·11349$_n$	+9·73907$_n$	+8·41534$_n$	+0·01958$_n$	+2·48813	+2·09753 = 0

$$w = -\ 0'077635 \qquad z = +\ 15'2793$$
$$v = +\ 0\cdot654429 \qquad y = -398\cdot691$$
$$u = +567\cdot188 \qquad x = -458\cdot354$$

und da ich gesetzt hatte

$$\begin{aligned} x &= 1000\, d\mu & u &= d\pi \\ y &= dM & v &= 0{\cdot}1\, d\Omega \\ z &= d\varphi & w &= 0{\cdot}1\, di \end{aligned}$$

so sind die Correctionen der Elemente:

$$\begin{aligned} di &= -\ 0''77635 & d\varphi &= +\ 15''2793 \\ d\Omega &= +\ 6{\cdot}54429 & dM &= -6'38{\cdot}691 \\ d\pi &= +9'27{\cdot}188 & d\mu &= -\ 0{\cdot}458354 \end{aligned}$$

§. 25.

Verbesserte Elemente, abgeleitet aus den Oppositionen in den Jahren 1868, 1869, 1871 und 1872.

10.0 Juli 1868

$$\begin{aligned} M &= 358^\circ\ 7'52''49 \\ \pi &= 307\ 59\ 4{\cdot}67 \\ \Omega &= 128\ 26\ 45{\cdot}84 \\ i &= 6\ 22\ 10{\cdot}57 \\ \varphi &= 9\ 0\ 17{\cdot}95 \\ \log a &= 0{\cdot}4910596 \\ \log \mu &= 2{\cdot}8134172 \\ \mu &= 650''754446 \end{aligned}$$

M. Äquinoct. 1870·0

$$\begin{aligned} A &= 218^\circ 37'\ 8''42 & \log\sin a &= 9{\cdot}9983544 \\ B &= 130\ 22\ 47{\cdot}74 & \log\sin b &= 9{\cdot}9745903 \\ C &= 114\ 49\ 20{\cdot}16 & \log\sin c &= 9{\cdot}5359020 \end{aligned}$$

Bei directer Berechnung der Normalorte aus diesen Elementen bleiben folgende Fehler zurück:

M. T. Berlin	B.—R. $\Delta\alpha$	B.—R. $\Delta\delta$
1868 Juli 18·29	$+1''44$	$+1''25$
1869 Nov. 12·50	$+1{\cdot}49$	$-0{\cdot}80$
1871 Jän. 22·50	$-1{\cdot}58$	$+2{\cdot}27$
1872 März 11·00	$-0{\cdot}44$	$-0{\cdot}83$

§. 26.

(100) Hecate 1873.

Oppositionsephemeride.

12h Berl. Zeit 1873		α app (100)	δ app (100)	log Δ	Aberr. Zeit
Mai	15	17h 27m 23·86	−15° 15′ 16″2	0·26548	15m 17s
	16	17 26 50·50	−15 14 23·6	0·26377	15 14
	17	17 26 15·92	−15 13 33·4	0·26212	15 10
	18	17 25 40·16	−15 12 45·6	0·26052	15 7
	19	17 25 3·24	−15 12 0·3	0·25895	15 4
	20	17 24 25·21	−15 11 17·6	0·25744	15 1
	21	17 23 46·11	−15 10 37·4	0·25599	14 58
	22	17 23 5·97	−15 9 59·9	0·25459	14 55
	23	17 22 24·83	−15 9 25·2	0·25324	14 52
	24	17 21 42·74	−15 8 53·3	0·25195	14 49
	25	17 20 59·75	−15 8 24·4	0·25072	14 47
	26	17 20 15·91	−15 7 58·5	0·24955	14 44
	27	17 19 31·25	−15 7 35·6	0·24843	14 42
	28	17 18 45·83	−15 7 15·8	0·24738	14 40
	29	17 17 59·73	−15 6 59·3	0·24639	14 38
	30	17 17 12·98	−15 6 46·1	0·24546	14 36
	31	17 16 25·63	−15 6 36·2	0·24459	14 34
Juni	1	17 15 37·75	−15 6 29·7	0·24378	14 33
	2	17 14 49.38	−15 6 26·6	0·24304	14 31
	3	17 14 0·59	−15 6 26·9	0·24237	14 30
	4	17 13 11·43	−15 6 30·8	9·24176	14 29
	5	17 12 21·96	−15 6 38·2	0·24122	14 28
	6	17 11 32·24	−15 6 49·3	0·24074	14 27
	7	17 10 42·32	−15 7 4·0	0·24033	14 26
☍	8	17 9 52·27	−15 7 22·4	0·23998	14 25
	9	17 9 2·14	−15 7 44·5	0·23970	14 25
	10	17 8 11·97	−15 8 10·4	0·23948	14 24
	11	17 7 21·83	−15 8 40·1	0·23933	14 24
	12	17 6 31·78	−15 9 13·5	0·23925	14 24
	13	17 5 41·87	−15 9 50·7	0·23923	14 24
	14	17 4 52·16	−15 10 31·9	0·23928	14 24
	15	17 4 2·71	−15 11 17·0	0·23940	14 24
	16	17 3 13·57	−15 12 5·9	0·23958	14 24
	17	17 2 24·80	−15 12 58·8	0·23983	14 25
	18	17 1 36·45	−15 13 55·7	0·24014	14 25
	19	17 0 48·58	−15 14 56·6	0·24051	14 26
	20	17 0 1·25	−15 16 1·6	0·24095	14 27
	21	16 59 14·52	−15 17 10·7	0·24146	14 28
	22	16 58 28·44	−15 18 23·8	0·24202	14 29
	23	16 57 43·08	−15 19 41·1	0·24264	14 30
	24	16 56 58·49	−15 21 2·5	0·24333	14 32

Da ich die Berechnung der Jupiterstörungen nicht weit genug fortgesetzt hatte, war ich genöthigt, die Oppositions-Ephemeride für 1873 ohne Berücksichtigung der Störungen zu geben. So weit mir bekannt ist, wurde der Planet im Jahre 1873 nicht beobachtet.

§. 27.

Angewandte Elemente.

10·0 Juli 1868.

$$M = 358^\circ\ 7'52''49$$

$$\left.\begin{aligned} \pi &= 307\ 59\ \ 4\cdot67 \\ \Omega &= 128\ 26\ 45\cdot84 \\ i &= \ \ 6\ 22\ 10\cdot57 \end{aligned}\right\} \text{M. Äquinoct. } 1870\cdot0$$

$$\varphi = 9\ \ 0\ 17\cdot95$$

$$\log a = 0\cdot4910596$$

$$\log \mu = 2\cdot8134172$$

$$\mu = 650''7544$$

(100) Hecate 1874.

Jahresephemeride.

0h Berl. Zeit		A. R. app.	Decl. app.	log Δ	log r
Jän.	0	20h 9m·1	−20° 4'	0·546	0·417
„	20	20 46·9	−18 18	0·554	0·417
Febr.	9	21 24·2	−16 8	0·554	0·418
März	1	22 0·3	−13 25	0·555	0·419
„	21	22 34·9	−10 33	0·549	0·421
April	10	23 8·0	− 7 44	0·534	0·422
„	30	23 39·1	− 5 0	0·513	0·425
Mai	20	0 8·0	− 2 30	0·489	0·427
Juni	9	0 34·0	− 0 24	0·457	0·430
„	29	0 56·2	+ 1 8	0·423	0·434
Juli	19	1 13·3	+ 1 56	0·378	0·437
Aug.	8	1 23·5	+ 1 53	0·337	0·441
„	28	1 25·1	+ 0 53	0·305	0·445
Sept.	17	1 17·7	− 0 53	0·279	0·449
Oct.	7	1 3·9	− 2 51	0·270	0·453
„	27	0 49·9	− 4 15	0·290	0·458
Nov.	16	0 41·8	− 4 34	0·330	0·462
Dec.	6	0 42·0	− 3 47	0·381	0·467
„	26	0 50·4	− 2 8	0·435	0·471
„	46	1 5·1	+ 0 5	0·499	0·476

(100) Hecate 1874.

Oppositionsephemeride.

12ʰ m. Berl. Zeit 1874		α app. (100)	δ app. (100)	log Δ	Aberr. Zeit
Sept.	17	1ʰ 17ᵐ 18ˢ·34	−0° 55′ 31″·5	0·27089	15ᵐ 29ˢ
	18	1 16 43·21	−1 1 31·2	0·27011	15 28
	19	1 16 7·15	−1 7 32·4	0·26940	15 26
	20	1 15 30·21	−1 13 34·7	0·26875	15 24
	21	1 14 52·43	−1 19 37·9	0·26816	15 23
	22	1 14 13·85	−1 25 41·5	0·26763	15 22
	23	1 13 34·51	−1 31 45·1	0·26715	15 21
	24	1 12 54·46	−1 37 48·4	0·26673	15 20
	25	1 12 13·75	−1 43 51·1	0·26638	15 19
	26	1 11 32·41	−1 49 52·8	0·26609	15 19
	27	1 10 50·49	−1 55 53·1	0·26586	15 19
	28	1 10 8·04	−2 1 51·6	0·26570	15 18
	29	1 9 25·09	−2 7 48·0	0·26560	15 18
	30	1 8 41·70	−2 13 41·9	0·26557	15 18
Oct.	1	1 7 57·93	−2 19 33·0	0·26560	15 18
	2	1 7 13·82	−2 25 20·9	0·26570	15 18
	3	1 6 29·43	−2 31 5·1	0·26586	15 18
	4	1 5 44·81	−2 36 45·3	0·26609	15 19
	5	1 5 0·01	−2 42 21·1	0·26638	15 19
	6	1 4 15·09	−2 47 52·2	0·26674	15 20
	7	1 3 30·10	−2 53 18·1	0·26717	15 21
	8	1 2 45·11	−2 58 38·5	0·26766	15 22
	9	1 2 0·16	−3 3 53·0	0·26822	15 23
♌	10	1 1 15·31	−3 9 1·3	0·26884	15 25
	11	1 0 30·62	−3 14 3·0	0·26953	15 26
	12	0 59 46·15	−3 18 57·8	0·27028	15 28
	13	0 59 1·94	−3 23 45·4	0·27110	15 30
	14	0 58 18·05	−3 28 25·5	0·27198	15 31
	15	0 57 34·54	−3 32 57·7	0·27292	15 33
	16	0 56 51·45	−3 37 21·8	0·27392	15 35
	17	0 56 8·84	−3 41 37·7	0·27499	15 38
	18	0 55 26·75	−3 45 45·0	0·27611	15 41
	19	0 54 45·24	−3 49 43·5	0·27729	15 43
	20	0 54 4·34	−3 53 33·0	0·27852	15 45
	21	0 53 24·11	−3 57 13·3	0·27982	15 48
	22	0 52 44·58	−4 0 44·2	0·28117	15 51
	23	0 52 5·79	−4 4 5·6	0·28258	15 54
	24	0 51 27·78	−4 7 17·3	0·28405	15 57
	25	0 50 50·59	−4 10 19·3	0·28556	16 0
	26	0 50 14·25	−4 13 11·4	0·28712	16 4
	27	0 49 38·79	−4 15 53·3	0·28874	16 8

§. 28.

Jupiterstörungen.

			$\omega^2 \frac{dd\xi}{dt^2}$	ξ
1872	April	20	— 1249·53	— 52232·70
	Mai	30	— 78·54	— 86859·31
	Juli	9	+ 1309·69	—121546·35
	Aug.	18	+ 2892·40	—154907·50
	Sept.	27	+ 4616·83	—185364·43
	Nov.	6	+ 6390·63	—211200·43
	Dec.	16	+ 8060·82	—230654·42
1873	Jän.	25	+ 9451·72	—242070·88
	März	6	+10280·70	—244082·44
	April	15	+10269·96	—235883·27
	Mai	25	+ 9143·66	—217507·11
	Juli	4	+ 6727·92	—190094·74
	Aug.	13	+ 3038·85	—156060·56
	Sept.	22	— 1632·95	—119069·43
	Nov.	1	— 6707·51	— 83744·81
	Dec.	11	—11406·12	— 55096·37
1874	Jän.	20	—14934·91	— 37756·57
	März	1	—16710·09	— 35205·55
	April	10	—11515·42	— 49200·44
	Mai	20	—14532·21	— 79561·73
	Juni	29	—11242·05	—124346·39
	Aug.	8	— 7250·76	—180314·51
	Sept.	17	— 3134·43	—243523·05
	Oct.	27	+ 666·62	—309892·30
	Dec.	6	+ 3875·68	—375644·26

			$\omega^2 \frac{dd\eta}{dt^2}$	η
1872	April	20	— 6153·28	+496433·89
	Mai	30	— 6663·19	+499380·72
	Juli	9	— 6948·97	+495683·05
	Aug.	18	— 6923·77	+485062·32
	Sept.	27	— 6491·99	+467551·70
	Nov.	6	— 5553·54	+443591·32
	Dec.	16	— 4027·12	+414126.48
1873	Jän.	25	— 1838·83	+380689·67
	März	6	+ 970·73	+345465·81
	April	15	+ 4283·92	+311254·65
	Mai	25	+ 7824·66	+281346·37
	Juli	4	+11160 40	+259245·67

1873	Aug.	13	+13734·91	+248241·94
	Sept.	22	+14963·45	+250860·94
	Nov.	1	+14426·61	+268296·29
	Dec.	11	+11963·15	+299997·69
1874	Jän.	20	+ 7837·65	+343523·74
	März	1	+ 2670·29	+394800·61
	April	10	− 2723·38	+448728·92
	Mai	20	− 7555·81	+499980·62
	Juni	29	−11253·93	+543771·03
	Aug.	8	−13546·37	+576424·66
	Sept.	17	−14441·41	+595648·36
	Oct.	27	−14141·26	+600530·25
	Dec.	6	−12943·19	+591345·71

			$\omega^2 \frac{dd\zeta}{dt^2}$	ζ
1872	April	20	+ 244·84	− 6526·54
	Mai	30	+ 184·71	− 5427·26
	Juli	9	+ 94·59	− 4145·77
	Aug.	18	− 28·61	− 2772·44
	Sept.	27	− 186·08	− 1430·59
	Nov.	6	− 375·51	− 277·47
	Dec.	16	− 587·92	+ 498·22
1873	Jän.	25	− 812·53	+ 684·97
	März	6	−1020·99	+ 60·54
	April	15	−1180·72	− 1580·82
	Mai	25	−1249·49	− 4395·32
	Juli	4	−1184·53	− 8448·17
	Aug.	13	− 952·52	−13671·63
	Sept.	22	− 544·31	−19832·92
	Nov.	1	+ 14·23	−26525·99
	Dec.	11	+ 658·11	−33197·73
1874	Jän.	20	+1295·06	−39211·93
	März	1	+1827·93	−43939·74
	April	10	+2181·50	−46854·57
	Mai	20	+2318·60	−42605·93
	Juni	29	+2246·00	−46056·17
	Aug.	8	+2002·77	−42274·63
	Sept.	17	+1644·80	−36499·88
	Oct.	27	+1228·64	−29085·18
	Dec.	6	+ 802·36	−20442·69

Über die Abhängigkeit des Brechungsquotienten der Luft von der Temperatur.

Von dem w. M. **Viktor v. Lang.**

(Mit 1 Tafel und 1 Holzschnitt.)

Die berühmten Versuche von Biot und Arago[1] zur Ermittelung des Brechungsquotienten der Luft gegen den leeren Raum waren bei Temperaturen zwischen —1·5 und +12·0° C. angestellt. Bald darauf wiederholte Biot[2] allein diese Versuche bei einer Temperatur von ungefähr 25° C. Derselbe folgert aus den vorliegenden Beobachtungen, dass der Satz von der Constanz des Brechungsvermögen auch für den Fall gelte, wo die Temperatur der Luft sich ändert: hiernach müsste der Brechungsquotient der atmosphärischen Luft von der Form

$$n = 1{\cdot}0002945 - 0{\cdot}000\,001\,081\,t \qquad \text{(I)}$$

sein. Fizeau[3] gab später eine Tabelle des Brechungsquotienten der Luft zwischen 0 und 75°, von der er sagt, dass sie aus den Angaben von Biot und Arago berechnet worden sei. Diese Zahlen schreiten aber, wie leicht ersichtlich, nach der Reihe

$$n = 1{\cdot}0002945 - 0{\cdot}000\,001\,057\,t + 0{\cdot}000\,000\,002\,89\,t^2 \qquad \text{(II)}$$

fort und widersprechen wegen des letzten Gliedes natürlich dem Satze von der Constanz des Brechungsvermögens. Wie Fizeau diese Berechnung ausgeführt hat, ist mir unbekannt geblieben. Ich habe wohl auch versucht, die Beobachtungen von Biot und

---

[1] Mém. de la classe des sciences mathém. et phys. de l'Inst. nat. premier sem. 1806 (t. VII, 1.) pag. 301. Paris 1806.

[2] Ib. second sem. 1807. pag. 39. Paris 1808.

[3] Ann. de chim. et de phys. sér. 4, t. II, p. 158. Paris 1864.

Arago zu berechnen, habe aber ziemlich abweichende Resultate erhalten. Das Verfahren, das ich hiebei einschlug, war folgendes. Die von Biot und Arago mit Hilfe des Satzes von der Constanz des Brechungsvermögen auf 0° reducirten Beobachtungen wurden wieder auf die ursprüngliche Temperatur gebracht, wobei der von jenen Forschern angewandte Ausdehnungscoëfficient der Luft (0·00375) benützt wurde. Wendet man dann zur Berechnung der Constanten die Methode der kleinsten Quadrate an, so geben die sieben gemeinschaftlich angestellten Beobachtungen

$$n = 1{\cdot}0002947 - 0{\cdot}000\,001\,224\,t + 0{\cdot}000\,000\,009\,67\,t^2 \quad \text{(III)}$$

Verbindet man mit diesen Beobachtungen aber auch noch das von Biot bei 25° C. gefundene Resultat, indem man demselben das Gewicht 3 ertheilt, da es aus zehn Beobachtungen abgeleitet ist, so wird jetzt

$$n = 1{\cdot}0002947 - 0{\cdot}000\,001\,141\,t + 0{\cdot}000\,000\,000\,64\,t^2 \quad \text{(IV)}$$

in welcher Formel das letzte Glied schon fast verschwindend klein geworden ist. Ich will nun gerne zugeben, dass vielleicht eine Berechnung, die auf die ursprünglichen Beobachtungsdaten Biot's und Arago's zurückgeht, zu etwas andern Resultaten führen mag. Jedenfalls schien mir aber so viel klar zu sein, dass keine der angeführten Formeln hinreichende Garantien ihrer Genauigkeit bietet, um auch nur Correctionen damit sicher berechnen zu können, die fast bei jedem optischen Versuche, der bei höherer Temperatur unternommen wird, ins Spiel kommen. Ich habe daher geglaubt, dass es nicht ohne Interesse sein dürfte, neue Versuche über die Abhängigkeit des Brechungsquotienten der atmospärischen Luft von der Temperatur anzustellen. Nachdem ich diese Versuche schon abgeschlossen hatte, wurde ich mit der kurz zuvor erschienenen Note Mascart's[1] bekannt, worin er die Resultate einer Untersuchung mittheilt, die er unternommen, um den Satz von der Constanz des Brechungsvermögen der Gase

[1] Comptes rend. de l'acad. des sciences. t. LXXVIII, p. 617. Paris 1874.

nach Druck und Temperatur zu prüfen. Für atmosphärische Luft ergibt sich aus seinen Angaben

$$n = 1{\cdot}000\,292\,3 - 0{\cdot}000\,001\,321\,t. \qquad (V)$$

Mascart wandte eine Interferenz-Methode an, wobei die Temperaturunterschiede seiner Beobachtungen 40° betrugen; eine weitere Kritik der Formel (IV) muss aber bis dahin verschoben werden, wo Mascart auch die Daten seiner Beobachtungen mittheilt.

Beschreibung des Apparates.

Die von mir gewählte Methode ist, wie ich glaube, neu und dürfte gerade für die Untersuchung der Gase Vortheile bieten. Ein grosser Spectralapparat wurde nämlich mit einem zweiten Beobachtungsfernrohre versehen, auf den Prismentisch des Apparates aber eine Erhitzungsvorrichtung gestellt ganz ähnlich der von Director Stefan[1] beschriebenen, nur war dieselbe an eine Messingplatte befestigt, die auf drei Stellschrauben ruhte. Die Dimensionen des angewandten Apparates ergeben sich aus der beigegebenen Tafel, auf welcher Fig. 1 eine Ansicht von oben, Fig. 2 eine solche von vorn darstellt. Die durch Glasplatten (p, q) geschlossenen Seiten der Erhitzungsvorrichtung stehen senkrecht auf der Axe des Collimators: in letzterem aber wurde statt der Spalte ein Fadenkreuz eingesetzt und dasselbe durch eine Gasflamme beleuchtet.

Das Innere der Erhitzungsvorrichtung enthält ein kleines Glasprisma von ungefähr 60° in einer solchen Lage, dass die Halbirungslinie dieses Winkels in die Verlängerung des Collimators fällt. Das Prisma ist durch einen Bügel mit einer Schraube an einer kleinen Messingplatte festgehalten, letztere aber wieder mit drei Stellschrauben versehen. Die von den beiden Prismenflächen entworfenen Bilder des Collimatorkreuzes wurden durch die vordere Glasplatte (p) hindurch mit Hilfe der zwei Fernrohre (x, y) beobachtet. Die Fadenkreuze dieser Fernrohre können durch Mikrometerschrauben bewegt werden und

[1] Sitzber. der Akad. d. Wiss., math-naturw. Cl. Bd. LXIII (2) p. 223. Wien 1871.

gestatten so die Verschiebung der reflectirten Bilder zu messen, sobald durch eine Temperaturverschiedenheit zwischen dem Inneren der Erhitzungsvorrichtung und der äusseren Luft eine Brechung der Lichtstrahlen an der vorderen Glasplatte stattfindet.

Die Brennweite der Objectivlinse des Fernrohres x beträgt beiläufig 45 Ctm., für das Fernrohr y nur 35 Ctm.; letzteres Fernrohr hatte jedoch ein stärkeres Ocular, so dass die Vergrösserung desselben noch die des ersteren Fernrohres übertrifft. An beiden Mikrometerschrauben ist der Umfang in 100 Theile getheilt.

Zur Bestimmung der Temperaturdifferenz wurden zwei Thermometer verwendet, von denen das eine (t) mit seiner Kugel durch eine Öffnung der Erhitzungsvorrichtung von oben in das Innere derselben hineinragte. Das andere Thermometer (t') hing mit seiner Kugel im Niveau der beiden Beobachtungsfernrohre zwischen denselben in einer Entfernung vom Centrum des Apparates, die ungefähr der Mitte der Fernrohre entsprach.

Um aber die Erhitzungsvorrichtung auf verschiedene Temperaturen zu bringen, wurde mit Hilfe der Zuleitungsröhre (r) und der Ableitungsröhre (s) Wasser von constanter höherer Temperatur hindurch geleitet. Wendet man nur grössere Wassermengen an, so kann man auf diese Weise die Temperatur der Erhitzungsvorrichtung sehr gut constant erhalten. Da es aber Schwierigkeiten bietet, grössere Wassermengen im Zimmer auf Temperaturen nahe dem Siedepunkte zu bringen, so kann man so hohe Temperaturen allerdings nicht leicht auf die angegebene Weise erzielen. Dies gelingt aber bekanntlich leicht durch Hindurchleiten von Wasserdampf. Nur hat man es mit letzterem nicht so in seiner Gewalt, den Apparat langsam zu erwärmen, und es ist daher, wenn man die anfängliche Stellung des Apparates möglichst bewahren will, zweckmässig, vor dem Durchleiten von Wasserdampf den Apparat zuerst durch warmes Wasser auf eine höhere Temperatur zu bringen. Es wurde dies jedoch bei den nachfolgenden Beobachtungen öfters absichtlich unterlassen, um hiedurch dem Prisma eine kleine Drehung zu ertheilen und so an verschiedenen Stellen der Mikrometerschrauben beobachten zu können.

Das Hindurchleiten von Wasser wurde auch benutzt, um die Temperatur der Erhitzungsvorrichtung unter die der Umgebung zu bringen, das Wasser wurde dabei durch schmelzendes Eis auf 0° erhalten. Auch hier war zur Erzielung einer constanten Temperatur nothwendig, das Wasser in nicht zu kleinen Mengen durchzuleiten.

Sämmtliche Metalltheile um die Erhitzungsvorrichtung herum waren mit Tüchern belegt und vor die vordere Glasplatte noch ein Papierschirm mit zwei entsprechenden Öffnungen gehängt, um die Wärmeausstrahlung und dadurch auch Luftströmungen möglichst zu verhindern. In der That zeigten nach dieser Anordnung die reflectirten Bilder in den beiden Fernrohren keine Schwankungen mehr. Auch das äussere Thermometer t', dessen Kugel freilich durch ein Stück Papier vor directer Bestrahlung geschützt war, wurde durch die Erhitzungsvorrichtung kaum beeinflusst, und wenn das Thermometer während solcher Beobachtungen stieg, so war daran nur die Nähe des Beobachters und der Umstand Schuld, dass durch die Erwärmung der nöthigen Wassermenge auch die Temperatur des Beobachtungslocales stieg. Natürlich waren aber noch genügend durchsichtige und undurchsichtige Schirme angebracht, um den Apparat sowohl vor den Strahlen der früher erwähnten Gasflamme als auch denen des zur Erhitzung des Wassers dienenden Gasherdes zu schützen.

Was die beiden Glasplatten betrifft, die zum Verschlusse der Erhitzungsvorrichtung dienten, so wurde hinten ein gutes Stück Spiegelglas ungefähr 5·7 Mm. dick verwendet. Hier war keine besondere Vorsicht geboten, da diese Platte von den Lichtstrahlen unter senkrechter Incidenz passirt wird. Etwas anderes ist es aber mit der vorderen Glasplatte, an der die Brechung stattfindet. Abgesehen davon, dass dieselbe vollkommen eben sein muss, soll sie auch möglichst dünn sein. Versuche mit dickeren Gläsern zeigten nämlich bald, dass dieselben bei höherer Temperatur wie Concavlinsen wirken, indem offenbar der Rand der Glasplatten durch die Erhitzungsvorrichtung mehr erwärmt wird, als die Mitte. Ich habe mir daher bei H. Steinheil eine quadratische planparallele Glasplatte von nur einer Linie (2·1 Mm.) Dicke und 67 Mm. Seitenlänge bestellt: eine Aufgabe, die trotz

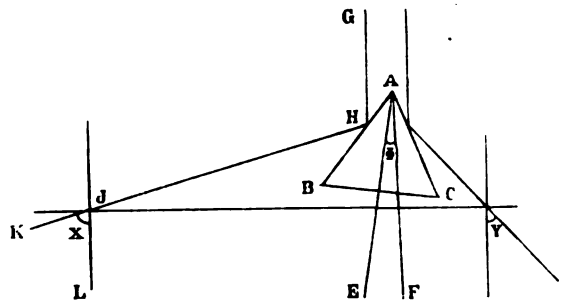
ihrer evidenten Schwierigkeit von H. Steinheil mit grosser Präcision gelöst wurde. Um aber eine möglichst gleichförmige Erwärmung der Glasplatte zu sichern, wurde noch zwischen dieselbe und den Erhitzungsapparat eine dünne Messingplatte eingeschaltet, aus welcher nur zwei kleine Öffnungen für die zwei reflectirten Lichtbündel ausgeschnitten waren. — Diese Messingplatte mit der Glasplatte davor in bestimmter Lage zu erhalten, bot noch Schwierigkeiten, da die zwei Federn des Erhitzungsapparates, welche dazu bestimmt sind, die Glasplatte anzudrücken, eine so dünne Platte ungeheuer deformirten.

Schliesslich wurde folgendes Arrangement getroffen. In die Messingplatte wurden von hinten mit einem Körner drei kleine Eindrücke gemacht, wie dies auch in Fig. 3 angegeben ist. Auf der andern Seite ruhte so die Glasplatte auf drei Punkten, gegen welche sie durch eine einzige schwache Feder festgehalten wurde, die natürlich zwischen den drei Punkten drückte. Messing- und Glasplatte sassen aber auch mit ihrer unteren Kante auf. Auf diese Weise brachte man es dahin, dass selbst bei einer Erhitzung auf 95° C. die Glasplatte genau ihre ursprüngliche Stellung bewahrte, was leicht mit dem Fernrohre durch Beobachtung des an der Glasplatte reflectirten Bildes einer entfernten Flamme constatirt werden konnte. Während des Erhitzungsprocesses änderte die Glasplatte allerdings ihre Stellung, es kommt dies aber nur daher, dass die verschiedenen Theile des Apparates sich ungleich schnell erwärmen: ein Übelstand, dem sich nicht abhelfen lässt, wenn die Erhitzung durch eine einzige Zuleitungsröhre vorgenommen werden muss.

Auf das Prisma hatte die Erwärmung einen doppelten Einfluss; war bei der Erhitzung der stationäre Temperaturzustand eingetreten, so fand sich das Prisma um eine verticale Axe, ganz wenig aber auch um eine zum Collimator parallele Axe gedreht. Letztere Drehung verschwand wieder, sobald Temperaturgleichheit eintrat, nicht so die Drehung um die verticale Axe. Es soll aber gleich gezeigt werden, dass beide Drehungen bei der Berechnung der Beobachtungen bei ihrem so geringen Betrage vernachlässigt werden können.

Theorie des Apparates.

Es sei *ABC* der Querschnitt des Prisma und die Halbirungslinie *AE* mache mit der Richtung *AF* der einfallenden Strahlen den Winkel Φ. An der Prismenseite *AB* wird der einfallende Lichtstrahl *GH* in der Richtung *HIK* reflectirt, indem er bei *I* die



vordere Glasplatte durchdringt, durch die er aber, da sie planparallel, keine Ableitung erleidet, falls nur die Temperatur der Luft zu beiden Seiten der Glasplatte gleich ist. Nennen wir *X* den Winkel, den die Richtung *IK* mit der Richtung *IL* der einfallenden Lichtstrahlen bildet, so hat man

$$X = A + 2\Phi$$

Nun soll aber die Temperatur zu beiden Seiten der Glasplatte verschieden sein und n den Brechungsquotienten der Luft im Innern des Erhitzungsapparates, n' aber den Brechungsquotienten der Luft ausserhalb bedeuten. Dreht sich dann gleichzeitig noch das Prisma um den kleinen Winkel φ um die Verticale, so wird auch der Winkel *X* eine kleine Änderung ξ erfahren, und zwar wird er wachsen, wenn $n > n'$. Zur Bestimmung von ξ gibt uns aber das Brechungsgesetz die Gleichung

$$\frac{\sin(A+2\Phi-\xi)}{\sin(A+2\Phi-2\varphi)} = \frac{n}{n'} \qquad (1)$$

unter der Voraussetzung, dass die planparallele Glasplatte senkrecht zur Richtung der einfallenden Strahlen ist. Vernachlässigt man nun zweite und höhere Potenzen der kleinen Grössen φ, ξ, $n - n'$ in vorstehender Gleichung, so wird dieselbe

$$\xi = \frac{180^\circ}{\pi} \frac{n-n'}{n} \tan(A+2\Phi)+2\varphi. \qquad (2)$$

In dieser Gleichung kann nun der Winkel Φ vernachlässigt werden, auch wenn er nicht gleich Null, sondern nur überhaupt sehr klein ist. Er tritt ja in einem Gliede auf, das wegen des Factors $n-n'$ ohnedem schon ein Glied erster Ordnung der Kleinheit ist: die Vernachlässigung des kleinen Winkels Φ bedingt also nur die Vernachlässigung von Gliedern höherer Ordnung der Kleinheit. Man erhält also

$$\xi = \frac{180^\circ}{\pi} \frac{n-n'}{n} \tan A+2\varphi. \qquad (3)$$

Aus dem eben Gesagten ergibt sich aber, dass der Werth von ξ auch nicht durch eine kleine Drehung des Prisma um eine horizontale Axe geändert wird, oder dadurch, dass die Glasplatte nicht vollkommen senkrecht zur Richtung der einfallenden Strahlen ist, in beiden Fällen werden ja nur solche Grössen kleine Änderungen erfahren, die schon mit einem kleinen Factor multiplicirt sind.

Eine ähnliche Gleichung wie (3) erhält man natürlich auch für die Reflexion an der zweiten Prismenseite AC. Nennen wir für diesen Fall η die Änderung in der Richtung des reflectirten Strahles bei ungleicher Temperatur, so ist jetzt

$$\eta = \frac{180^\circ}{\pi} \frac{n-n'}{n} \tan A-2\varphi. \qquad (4)$$

Die Summe der Winkel ξ und η gibt nun die Änderung D des Winkels, den die beiden reflectirten Strahlen miteinander machen: man hat hiefür

$$D = \xi+\eta = \frac{360^\circ}{\pi} \frac{n-n'}{n} \tan A. \qquad (5)$$

Auf den Werth von D ist somit die Stellung des Prisma und der Glasplatte innerhalb bestimmter Grenzen ohne Einfluss. Ich habe mich übrigens auch durch Ausrechnung überzeugt, dass selbst unter der Annahme von Werthen der Winkel Φ, φ, wie sie bei meinen Beobachtungen gewiss nicht vorgekommen sind, diese Winkel ohne Einfluss auf die Resultate bleiben.

Die Gleichung (5) gibt zur Berechnung der Änderung des Brechungsquotienten der Luft

$$n-n' = \frac{\pi}{360^\circ} n \cot A . D. \qquad (6)$$

Da nun durch wiederholte Beobachtung an einem optischen Theodoliten

$$A = 60^\circ 18' 51''$$

gefunden wurde, so wird, wenn man etwa

$$n = 1{\cdot}0002945$$

setzt und D in Sekunden ausdrückt

$$n - n' = 0{\cdot}000\,001\,381\, D. \qquad (7)$$

Der Winkel D konnte direct natürlich nur in Theilen der beiden Schraubenmikrometer beobachtet werden. Der Winkelwerth der Mikrometerschraube des Fernrohres x liess sich aber leicht ermitteln, da dessen Drehungsaxe an ihrem unteren Ende einen Spiegel (w) trägt, dessen Drehungen durch Scala und Fernrohr bestimmt wurden; hiebei konnte die Stellung dieses Fernrohres ebenfalls durch eine Schraube geändert werden. Wiederholte Beobachtungen ergaben mir für die Mikrometerschraube x den Werth

$$1 \text{ Theilstrich} = 0{\cdot}7878 \text{ Sekunden}.$$

Was nun die zweite Mikrometerschraube y betrifft, so hätte ihr Verhältniss (k) zu der ersten durch Beobachtung des an der vorderen Glasplatte reflectirten Bildes des Fadenkreuzes x ermittelt werden können. Ich habe es jedoch vorgezogen, den Werth von k aus den Beobachtungen selbst abzuleiten, da ja die bei der angegebenen Methode in das Fernrohr y gelangenden homocentrischen Strahlenbüschel doch vielleicht nicht genau in derselben Ebene vereinigt werden, wie die von dem Prisma reflectirten.

Setzen wir den Werth von k als bekannt voraus, so können wir die ganze Änderung in der Richtung der beiden reflectirten Bilder in Theilen der Mikrometerschraube x ausdrücken. Ist Δ

etwa der so bestimmte Betrag dieser Änderung, so hat man nach dem Vorhergehenden

$$D = 0'7878\,\Delta \tag{8}$$

und somit auch

$$n - n' = 0{\cdot}000\,001\,088\,\Delta. \tag{9}$$

Correction des Apparates.

Zuerst wurden nach bekannter Methode mit Hilfe einer planparallelen Glasplatte, die Axen der beiden Fernrohre x, y und des Collimators, sowie der Prismentisch senkrecht zur Axe des Spectralapparates gestellt, um welche Axe das eine Fernrohr x drehbar ist. Hierauf wurde der Erhitzungsapparat sammt dem Prisma und der hintern Glasplatte auf den Prismentisch in möglichst richtiger Lage gestellt und mit bedeutenden Metallmassen beschwert, um ihn vor zufälligen Verrückungen zu sichern. Das bewegliche Fernrohr wurde dann auf das Fadenkreuz des Collimators eingestellt, die vordere Glasplatte eingesetzt und nun die Stellschrauben des Erhitzungsapparates so lange corrigirt, bis die vordere Glasplatte senkrecht stand zur Axe des Fernrohres x, dessen Fadenkreuz zu diesem Zwecke natürlich von dem Ocular aus beleuchtet werden musste. Hienach war man berechtigt, anzunehmen, dass die Glasplatte senkrecht sei zu den auf das Prisma fallenden Lichtstrahlen. Die beiden Fernrohre wurden dann auf die beiden vom Prisma reflectirten Bilder gerichtet, um aber die symmetrische Stellung gegen die einfallenden Lichtstrahlen zu erreichen, wurden das Prisma und in Folge dessen auch die Fernrohre so lange gedreht, bis das Fadenkreuz des einen Fernrohres durch Reflexion an der vorderen Glasplatte mit dem des anderen coincidirte. Mit Hilfe der Stellschrauben des Prisma wurde dann noch erreicht, dass in den reflectirten Bildern des Collimatorkreuzes die Horizontalfäden mit denen der Fernrohrkreuze übereinstimmten. Diese Correctionen mussten natürlich mehrmals wiederholt werden, schon darum, weil die Stellung des Prisma nur nach Wegnahme der vorderen Glasplatte geändert werden konnte.

Beobachtungen.

Die nachfolgende Tabelle gibt die Beobachtungen, die ich mit dem beschriebenen Apparate im Monate März d. J. angestellt habe. Ich übergehe dabei zahlreiche Beobachtungsreihen, die ausgeführt wurden, bevor an dem Apparate noch alle im Vorhergehenden beschriebenen Corrections-Vorrichtungen getroffen waren und die noch nicht den wünschenswerthen Grad von Constanz zeigten. In der folgenden Aufzählung bedeutet nun

h den corrigirten Barometerstand, abgelesen an einem Aneroid;

e die Spannung des Wasserdampfes in der Luft beobachtet mit einem August'schen Psychrometer;

t die Temperatur der Erbitzungsvorrichtung;

t' die Temperatur ausserhalb;

x, y die Ablesungen an den beiden Mikrometerschrauben;

u die fortlaufende Nummer der Beobachtung.

Die für x und y gegebenen Zahlen sind Mittel aus 7 bis 15 Ablesungen [1], die abwechselnd am ersten und zweiten Fernrohre angestellt wurden. Dazwischen musste natürlich auch die Temperatur wiederholt abgelesen werden. Der Stand des inneren Thermometers änderte sich dabei meist gar nicht, nur das äussere Thermometer stieg durch die Nähe des Beobachters bisweilen um einen ganzen Grad. In einem solchen Falle wurde aus den Ablesungen am äusseren Thermometer das Mittel genommen. Diese Schwankungen des äusseren Thermometers dürften um so mehr ohne Einfluss auf die Berechnung der Versuche sein, als sie letztere ziemlich gleichmässig treffen.

Datum		h	e	t	t'	x	y	u
März 7.	2h 45m N	754	6·7	19·7	19·0	197	104	1
	6 0	753	6·8	19·5	20·0	191	98	2
	7 0	753	7·7	64·9	20·3	219	98	3
	8 30	751	7·9	89·0	20·0	242	108	4

[1] Die aus diesen Ablesungen berechneten wahrscheinlichen Fehler der angegebenen Mittel übersteigen nirgends die Grösse von $\pm 0{\cdot}5$ Theilstrichen.

Datum				h	e	t	t'	x	y	u
März 8	10h	30m	V	751	6·7	19·0	20·6	196	106	5
	11	15		751	6·7	4·4	20·6	162	88	6
	1	30	N	750	7·0	44·1	19·5	213	103	7
	2	45		749	8·3	84·1	20·0	240	108	8
	6	0		748	7·7	20·3	19·7	196	105	9
	6	45		749	8·0	5·3	20·4	164	89	10
	7	30		749	7·1	56·2	20·3	246	125	11
	9	0		748	7·5	85·1	20·4	274	135	12
	9	20		749	8·9	95·0	20·6	268	125	13
März 9	1	0	N	745	6·0	17·5	19·7	241	139	14
	4	30		743	7·4	19·0	19·5	231	131	15
	5	30		743	6·0	3·6	20·0	197	116	16
	6	0		742	7·5	37·2	20·3	240	129	17
	7	0		742	8·1	52·5	20·4	244	126	18
	8	20		742	9·1	84·1	20·9	253	117	19
	9	15		740	8·7	95·0	20·6	268	125	20
März 10	1	30	N	736	8·0	19·0	21·5	244	141	21
	1	50		736	8·5	5·0	21·6	213	126	22
	3	15		736	8·3	94·2	21·6	260	119	23
	6	0		735	8·0	22·1	19·7	228	126	24
März 11	2	0	N	736	8·1	18·1	19·0	245	140	25
	6	0		738	9·2	18·9	20·0	238	135	26
März 12	1	30	N	747	7·3	18·4	19·5	235	133	27
	3	0		747	7·5	2·4	19·2	217	130	28
	4	0		747	7·6	94·0	19·7	205	76	29
März 13	1	0	N	752	7·4	17·3	18·5	183	92	30
	2	0		752	—	41·3	19·0	200	93	31
	3	0		752	7·4	50·0	19·0	202	92	32
	3	45		752	7·5	95·0	18·9	176	50	33
	6	45		752	7·2	20·1	17·2	130	49	34
März 14	11	45	V	752	6·0	17·9	17·9	142	58	35
	1	0	N	751	6·7	38·2	18·3	136	43	36
	2	45		751	7·7	58·2	18·4	166	56	37
März 15	10	0	V	743	7·4	17·7	21·9	147	65	38
	11	15		743	8·3	60·1	21·5	191	80	39
	12	0		743	9·7	94·8	20·7	191	61	40
	7	30	N	747	6·0	18·6	18·3	149	63	41

Berechnung der Beobachtungen.

Die Berechnung dieser Versuche geschah auf folgende Weise. Nennen wir x_0 und y_0 die Ablesungen für den Fall, wo $t = t'$, ferner wie früher Δ die Änderung des Winkels der beiden reflectirten Strahlen in Theilen des Mikrometers x, so hat man für eine beliebige Beobachtung

$$\Delta = x_0 - x + k(y - y_0) = (x_0 - ky_0) - (x - ky),$$

da mit wachsendem n die Zahlen x ab-, die Zahlen y aber zunehmen. Setzen wir daher

$$\left.\begin{aligned} a &= x_0 - ky_0 \\ \frac{1}{f} &= 0{\cdot}000\,001\,089 \end{aligned}\right\} \qquad (11)$$

so geben die Gleichungen (9) und (10)

$$x - ky = a + f(n - n'). \qquad (12)$$

Nehmen wir nun für den Brechungsquotienten der Luft die Form

$$n = n_0 + bt + ct^2 \qquad (13)$$

an, so wird die vorhergehende Gleichung

$$x - ky = a + bf(t - t') + cf(t^2 - t'^2). \qquad (14)$$

Ich habe jedoch diese Gleichung mit den vier unbekannten Constanten a, bf, cf und k nicht unmittelbar auf die vorliegende Beobachtung angewandt, sondern zuerst nur auf jene, bei denen t nahezu gleich t' ist. Auf diese Beobachtungen hat nämlich das letzte Glied gar keinen Einfluss und es bleiben nur drei Constanten übrig, welche nach der Methode der kleinsten Quadrate aus den betreffenden sechszehn Beobachtungen ermittelt wurden. Die so erhaltenen Werthe sind

$$\begin{aligned} a &= 67{\cdot}91 \\ bf &= 0{\cdot}2527 \\ k &= 1{\cdot}2498. \end{aligned}$$

Auf den Werth von b ist natürlich gar kein Gewicht zu legen, da der äusserste Temperaturunterschied nur 4°2 beträgt,

der Unterschied $(B—R)$ zwischen den mit diesen Constanten gerechneten Werthen von x und den beobachteten ergibt sich aus folgender Tabelle:

u	$t—t'$	x	$B—R$
38	−4·2	147	−1·1
21	2·5	244	+0·5
14	2·2	241	−0·1
5	1·6	196	−4·1
30	1·2	183	+0·5
26	1·1	238	+1·7
27	1·1	235	+1·1
25	0·9	245	+2·3
2	0·5	191	+0·7
35	0·0	142	+1·6
41	+0·3	149	+2·3
15	0·5	231	−0·8
9	0·6	196	−3·3
1	0·7	197	−1·1
24	2·4	228	−0·5
34	2·9	130	+0·1.

Mit Hilfe der so gefundenen Werthe von a und k konnte nun für die übrigen Beobachtungen die Grösse $\Delta = x—ky—a$ berechnet werden. Für dieselbe hat man nach dem Vorhergehenden die Gleichung

$$\Delta = bf(t—t') + cf(t^2—t'^2), \qquad (15)$$

deren Constanten bf und cf ebenfalls nach der Methode der kleinsten Quadrate aus den übrigen 25 Beobachtungen berechnet wurden. Die Rechnung gab

$$bf = 0·83170$$
$$cf = -0·0021645,$$

welchen Constanten folgende Unterschiede der berechneten und beobachteten Werthe von Δ entsprechen:

u	$t—t'$	$t^2—t'^2$	Δ	$B—R$	
28	17	360	14	+0·6	
22	17	440	12	−1·2	
16	16	390	16	+3·5	+2·0
6	16	400	16	+3·6	
10	15	390	15	+3·4	

$\varkappa$	$t-t'$	$t^2-t'^2$	Δ	$B-R$	
17	17	970	11	−1·0	
36	20	1120	14	−0·2	−0·5
31	22	1340	16	+0·6	
7	25	1560	16	−1·4	
32	31	2140	19	−2·2	
18	32	2340	19	−2·6	
11	36	2750	22	−2·0	−1·4
39	39	3150	23	−2·6	
37	40	3050	28	+1·3	
3	45	3800	29	−0·2	
19	63	6640	39	+0·9	
8	64	6670	37	−1·8	−1·3
12	65	6830	37	−2·3	
4	69	7520	39	−2·1	
23	73	8410	43	+0·4	
13	74	8600	44	+1·0	
20	74	8600	44	+1·0	
40	74	8560	47	+3·9	+1·1
29	74	8450	42	−1·3	
33	76	8670	46	+1·5	

Die vorstehenden Beobachtungen zerfallen, wie in der Tabelle angedeutet ist, in fünf Gruppen hinsichtlich der Temperaturverhältnisse. Nimmt man für jede Gruppe das Mittel aus den Differenzen zwischen Beobachtung und Rechnung, so erhält man die in der letzten Spalte angeführten Zahlen, die eine gewisse Regelmässigkeit nicht verkennen lassen. Dies würde darauf hindeuten, dass Formel (13) das Gesetz der Abhängigkeit des Brechungsquotienten nicht genau repräsentirt und dass noch ein Glied mit der dritten Potenz der Temperatur hinzuzufügen sei. Dass übrigens die Formel (13) und ähnliche nicht das wahre Gesetz der Abhängigkeit enthalten können, ergibt sich auch daraus, dass diese Formel zufolge der angegebenen Werthe der Constanten bei ungefähr 193° C. ein Minimum hat, so dass darüber hinaus der Brechungsquotient der Luft wieder wachsen würde, was doch ganz unwahrscheinlich ist.

Die letzten Werthe der Constanten bf und cf geben nun durch Division mit f schliesslich für den Brechungsquotienten der Luft die Formel

$$n = n_0 - 0{\cdot}000\,000\,905t + 0{\cdot}000\,000\,002\,35\,t^2 \qquad \text{(VI)}$$

Schlussbemerkungen.

Ich habe im Vorhergehenden einen Umstand nicht berührt, von dem man glauben könnte, dass er die Genauigkeit der erhaltenen Resultate in Frage stellt. Es lässt sich nämlich nicht die Temperatur im Innern der Erhitzungsvorrichtung steigern, ohne zugleich auch die äussere Luft an der vorderen Glasplatte zu erwärmen, eine Erwärmung, die freilich kaum bis zu den Fernrohrobjectiven vordringt. Würden nun die Änderungen der Temperatur zwischen den Fernrohren und der Glasplatte nur in parallelen Schichten vor sich gehen, so würde dies offenbar auf die schliessliche Ablenkung der reflectirten Bilder ohne Einfluss sein. Eine solche Vertheilung der Temperatur dürfte aber wohl in den der Platte zunächst liegenden Luftschichten vorauszusetzen sein, die entfernteren sind aber wegen ihrer geringen Erwärmung ohnedem von verschwindendem Einflusse.

Aber auch der Versuch zeigt, dass die Erwärmung der Luft zunächst der vorderen Glasplatte ganz ohne Einfluss ist. Es konnte nämlich keine Verschiebung der reflektirten Bilder wahrgenommen werden, wenn auch die Erhitzungsvorrichtung noch so lange (bis zu einer Stunde) auf der Temperatur von 95° gehalten wurde, und während dieser Zeit muss doch die Erwärmung der äusseren Luft beträchtliche Fortschritte gemacht haben. Es brachte ebenso keine Änderung hervor, wenn die erwärmte Luft durch Blasen entfernt wurde; auch die Wegnahme des Papierschirmes von der Glasplatte hatte keinen Einfluss.

Um auch noch zu zeigen, dass die vordere Glasplatte keine Störung der beobachteten Erscheinung veranlassen konnte, will ich noch folgende zwei Beobachtungen anführen.

1. An die Stelle der vorderen Glasplatte wurde eine 5·7 Mm. dicke Spiegelglasplatte gesetzt. Eine Temperaturerhöhung von 20 auf 95° hatte jetzt nur eine Änderung Δ von 22 Theilstrichen der Mikrometerschraube x zur Folge und es änderte diese Zahl

sich auch durch fortgesetztes Erhitzen nicht. Wurde letzteres jedoch unterbrochen, so stieg der Werth von Δ noch eine Weile, so dass bei etwa 85° derselbe 34 betrug.

2. Als hierauf eine planparallele Quarzplatte von nur 3 Mm. Dicke statt der vorderen Glasplatte eingesetzt worden war, zeigten sich nur mehr schwache Spuren der vorher beobachteten Verzögerung, indem die Ablenkung nach Absperren des Dampfes noch um 1—2 Theilstriche zu wachsen schien. Diese geringe Grösse fällt jedoch schon innerhalb der Grenzen der Beobachtungsfehler, da wegen der sinkenden Temperatur die Ablesungen nicht öfters wiederholt werden konnten. Es stimmen hiemit aber auch die übrigen mit Hilfe dieser Quarzplatte ausgeführten Versuche. Eine durch zwei Tage fortgesetzte Versuchsreihe gab nämlich folgende Mittelwerthe:

t	t'	$x-ky$	
20·0	19·3	43	(8 Versuche)
94·7	19·5	83	(9 Versuche)

Diese Zahlen geben für eine Temperaturveränderung von 20°0 auf 94°7 den Werth $\Delta = 40$, während die angegebenen Constanten hiefür $\Delta = 44$ geben.

An der dünnen planparallelen Glasplatte war natürlich keine Spur einer Verzögerung mehr zu bemerken, und die Übereinstimmung der Resultate selbst für den Fall, wo eine doppeltbrechende Quarzplatte angewandt worden war, dürfte wohl für die Richtigkeit der Formel (VI) sprechen.

Zum Schlusse habe ich noch nach dieser Formel den Brechungsquotienten der Luft von 5 zu 5 Graden berechnet, wobei

$$n_0 = 1{\cdot}0002945$$

gesetzt wurde. Die letzte Spalte enthält die Differenzen für einen Grad.

t	n	Diff. 1°
0	1·0002945	
		9·0
5	900	
		8·6
10	857	
		8·4
15	815	
		8·4
20	773	
		8 0
25	733	
		7·6
30	695	
		7·6
35	657	
		7·2
40	621	
		7·2
45	585	
		6·8
50	551	
		6·6
55	518	
		6·2
60	487	
		6·2
65	456	
		5·8
70	427	
		5·8
75	398	
		5·4
80	371	
		5·2
85	346	
		5·2
90	321	
		4·8
95	297	
		4·4
100	275	

ure.

ensäure
Eigen-
erselben
nlassten
die ent-
rklären,
machte.
.)
hs hatte
ehungs-
basisch,
tion des
n durch
lgruppe.
zung die
ese drei-
ersuchen
ne ganz
ate, wie
ung sich
nochlor-
Anspruch
i Durch-
lung der

, welche,
n, rasch

Über chlorfreie Derivate der Monochlorcitramalsäure.

Von **Theodor Morawski,**
Assistent an der technischen Hochschule zu Graz.

Als ich vor einiger Zeit eine Synthese der Citronensäure anstrebte, gelangte ich zu einer neuen Säure, deren Eigenschaften bald erkennen liessen, dass eine Identität derselben mit Citronensäure nicht bestehen könne; hingegen veranlassten mich die damals gewonnenen analytischen Resultate, die entstandene Säure für eine Isomere der Citronensäure zu erklären, in welchem Sinne ich seinerzeit in Kürze Mittheilung machte. (Siehe diese Berichte: Band LXVII., Abth. II., pag. 314.)

Zum Ausgangspunkte meines synthetischen Versuchs hatte ich die Monochlorcitramalsäure gewählt, deren Entstehungsweise es als sicher erscheinen lässt, dass dieselbe zweibasisch, dreiatomig sei. Zu erzwecken war deshalb die Substitution des Chloratoms durch Cyan und die Umsetzung des letzteren durch die bekannte Einwirkung der Alkalien in die Carboxylgruppe.

Das Product musste im Falle richtiger Voraussetzung die Zusammensetzung der Citronensäure zeigen und wie diese dreibasisch, vieratomig sein. Die kleinen, in den ersten Versuchen resultirenden Mengen der neuen Säure liessen nur eine ganz oberflächliche Untersuchung derselben zu, deren Resultate, wie sich jetzt herausstellte, mit jenen eingehenderer Prüfung sich nicht übereinstimmend zeigten. Die Darstellung der Monochlorcitramalsäure in grösserer Quantität, welche viel Zeit in Anspruch nimmt und die verhältnissmässig geringe Ausbeute bei Durchführung obiger Operationen verzögerten die Feststellung der wahren Verhältnisse bedeutend.

Endlich wirkten aber mehrere Umstände zusammen, welche, indem sie der Arbeit eine ganz andere Richtung gaben, rasch zu bemerkenswerthen Ergebnissen führten.

Fast zu derselben Zeit, als ich im Barytsalz meiner Säure eine zur Reindarstellung der Säure durch vorzügliche Eigenschaften besonders geeignete Substanz erkannte, liess ich mir es angelegen sein, das zu vermuthende Zwischenproduct von Monochlorcitramalsäure und der Isomeren der Citronensäure zu isoliren und machte dabei die Beobachtung, dass bereits nach der Einwirkung von Cyankalium die neue Säure entstanden war, was durch die Ausscheidung des charakteristischen Baryumsalzes beim Zusatz von Chlorbaryum festgestellt wurde.

Dies gab die Veranlassung, einen Schritt rückwärts zu machen und die Einwirkung von Barythydrat auf den Äther der Monochlorcitramalsäure zu studiren.

Hier sowohl als auch beim Kochen reiner Monochlorcitramalsäure mit etwas überschüssigem Barythydrat gelangte ich immer zum Barytsalze meiner neuen Säure, welches sich beim Erkalten der Flüssigkeit in feinen Nadeln ausschied und dieser durch seine Menge eine breiige Consistenz verlieh.

Aus diesem Barytsalze schied ich dann die Säure, nachdem das Salz gut gewaschen war, durch Salzsäure ab und nahm sie in Äther auf, bei dessen Verdunsten sie krystallinisch zurückblieb.

Diese Entstehungsweise liess es nun von vornherein als sicher erscheinen, dass die Säure nicht sechs Kohlenstoffatome im Molecüle enthalten könne, sondern deren nur fünf, wie die Monochlorcitramalsäure.

Es lag nun die Ansicht nahe, dass hier jene Umsetzung stattgefunden habe, durch welche Carius (Annal. d. Ch. Band 129, pag. 164) die Bildung von Citraweinsäure veranlasste.

Dagegen sprachen jedoch die Eigenschaften meiner Säure sowohl, als in noch auffallenderem Grade jene ihrer Salze.

Die Citraweinsäure erhielt Carius amorph eingetrocknet aus syrupöser Lösung; meine Säure bildet dünnflüssige wässerige Lösungen, aus welchen sie mit grösster Leichtigkeit auskrystallisirt. Das Barytsalz und Bleisalz sind in glänzenden, schwerlöslichen Nadeln krystallisirt, während diese beiden Salze der Citraweinsäure ein wesentlich anderes Verhalten zeigen; endlich ist das Silbersalz meiner Säure beim Kochen äusserst leicht

zerleglich, während citraweinsaures Silber erst in ammoniakalischer Lösung beim Kochen Silber ausscheidet. Durch diese Wahrnehmungen erwuchs mir eine neue Aufgabe; ich musste nebst der Untersuchung meiner Säure, zum Zwecke der Vergleichung, die Bildung der Citraweinsäure studiren unter Zuhilfenahme der Angaben von Carius (a. a. O.).

Durch vielfach angestellte Versuche fand ich, dass die Reaction sehr verschieden verlief, wenn auch die bedingenden Umstände scheinbar die gleichen waren; nämlich in vielen Fällen trat die Bildung meines Barytsalzes gar nicht ein. Endlich gelang es mir aber doch, die Bedingungen festzustellen, unter welchen die Bildung der neuen Säure vor sich geht.

Wurde das Hydrat der Monochlorcitramalsäure in Wasser gelöst, diese Lösung nahe zum Kochen erhitzt und dann Barytwasser in geringem Überschuss zugesetzt, so entstand beim Kochen die neue Säure, so oft ich den Versuch ausführte. Ebenso entstand sie durch blosses Erhitzen der in heissem Wasser gelösten Monochlorcitramalsäure auf Zusatz von überschüssigem Barythydrat auf einem Wasserbad. Dabei besteht jedoch der Unterschied, dass im letzteren Falle sich bald reichliche Mengen des nadelförmigen Barytsalzes ausscheiden, während es in der heftig kochenden Flüssigkeit im ersten Falle gelöst bleibt.

Wenn monochlorcitramalsaures Baryum in Wasser vertheilt wird und man setzt hierauf zum Kochen erhitztes Barytwasser zu und kocht weiter, so entsteht eine grosse Menge des nadelförmigen Baryumsalzes. Beim Erkalten scheidet sich fast alles Barytsalz aus und kann mit kaltem Wasser gewaschen werden.

Wenn man die Mutterlaugen in allen diesen Fällen eindampft, so findet man darin das Baryumsalz einer anderen Säure, welches oft die ganze Flüssigkeit gelatinös erscheinen lässt, dessen Säure aber schwer rein zu erhalten ist, wegen dem immer noch vorhandenen ersteren Barytsalze.

Die Darstellung meiner Säure geschah, wie schon früher erwähnt, zuerst aus dem Äther der Monochlorcitramalsäure; dabei kommt in Betracht, dass die Zersetzung des Äthers durch Baryt wahrscheinlich erst in der Kochhitze erfolgt und die Zersetzung

des dann gebildeten Salzes der Monochlorcitramalsäure fast momentan geschieht.

Es scheint in der That die Bildung meiner Säure davon abhängig zu sein, dass die Umsetzung im Augenblick geschehe, dass ferner ein Überschuss von Basis vorhanden sei und die Lösung von vorne herein eine derartige Concentration besitze, dass das monochlorcitramalsaure Baryum darin grösstentheils ungelöst bleibt.

Für diese Ansicht sprechen sehr die Beobachtungen, welche in den nun zu beschreibenden Versuchen gemacht wurden.

In einem folgenden Theile dieser Abhandlung sollen noch einige hierher gehörige Bemerkungen niedergelegt werden.

Wenn monochlorcitramalsaures Baryum, nachdem es sorgfältig gewaschen wurde, in Wasser vertheilt und hierauf anhaltend gekocht wird, so tritt niemals das nadelförmige Barytsalz auf; ebenso wurde es nie erhalten, wenn freie Monochlorcitramalsäure mit kohlensaurem Baryt unter Kochen gesättigt und dabei zerlegt wurde.

Man kann nun folgerichtig von der Zersetzung der Monochlorcitramalsäure durch Basen im Überschuss und von der Zersetzung der neutralen monochlorcitramalsauren Salze getrennt sprechen. Bevor ich jedoch mich dem zuwende, will ich die den beiden Fällen gemeinschaftlichen Nebenproducte dieser Reactionen beschreiben.

Die Mengen der bei diesen Reactionen zu gewinnenden Säuren waren stets im Vergleich mit der angewandten Monochlorcitramalsäure, respective monochlorcitramalsaurem Baryum, sehr gering und es schien von Bedeutung, der Entstehung von Nebenproducten nachzuforschen.

Hiebei kamen mir Beobachtungen sehr zu statten, welche von Herrn Prof. Gottlieb (siehe diese Berichte, Band 64, II. Abth., pag. 225) andeutungsweise niedergelegt wurden, deren wichtigste zunächst die Wahrnehmung des Auftretens von Kohlensäure beim Kochen des monochlorcitramalsauren Baryums mit Wasser war. Dadurch wurde es unzweifelhaft, dass ein Theil der Monochlorcitramalsäure in einfachere Verbindungen zerfalle. Desgleichen von Bedeutung war das aufmerksame Verfolgen der Reaction der kochenden Flüssigkeit gegen Lakmuspapier während

des Verlaufs der Umsetzung. Dabei stellte sich heraus, dass die Reaction nur im Augenblicke der heftigsten Kohlensäure-Entwicklung eine vorübergehend saure sei, sonst hingegen immer neutral bleibe.

Dies in Berücksichtigung gezogen, wurde es sehr wahrscheinlich, dass an der Reaction sich zwei Molecüle des Baryumsalzes betheiligen, in welchen zwei Atome Baryum enthalten sind, wovon eines verwendet wird zur Bindung der beiden Chloratome, das zweite hingegen zur Sättigung der neu entstandenen Säure, welche in beiden Fällen zweibasisch ist, nämlich die Citraweinsäure und die neue Säure, deren Bibasicität späterhin gezeigt werden soll.

Das Nebenproduct, welches aus jenem Säuremolecül entstand, aus welchem sich die Kohlensäure abtrennte, war deshalb voraussichtlich indifferenter Natur.

Es wurde nun versucht, ob nicht ein mit Wasserdämpfen flüchtiger Körper vorliege, in welchem Falle die Reindarstellung desselben besonders leicht gelingen mochte.

Der Kolben, in dem die Zersetzung der Monochlorcitramalsäure vorgenommen wurde, war in Verbindung gebracht mit einem Liebig'schen Kühler, um das während der Reaction entstehende Destillat zu sammeln.

Bald zeigte das Destillat einen angenehmen Geruch und es wurde die Vorlage gewechselt, als dieser Geruch im nachkommenden Destillat kaum mehr zu bemerken war.

Diese Partie wurde hierauf neuerdings aus Retorten destillirt unter Beobachtung des Siedepunkts, der bei Beginn des Siedens bedeutend niedriger war als der des Wassers. Beim wiederholten fractionirten Destilliren gelangte ich dann schliesslich zu einer Fraction, die genau bei 56° siedete und deren Geruch mit jenem des Acetons vollkommen gleich war. Die leicht bewegliche Flüssigkeit wurde zuletzt über Chlorcalcium getrocknet und mit Kupferoxyd verbrannt.

I. 0·146 Grm. gaben 0·332 Grm. Kohlensäure und 0·137 Gramm Wasser; entsprechend 0·0905 Grm. Kohlenstoff und 0·0152 Grm. Wasserstoff.

II. 0·3855 Grm. bildeten 0·866 Grm. Kohlensäure und 0·374 Grm. Wasser; das gibt 0·2362 Grm. Kohlenstoff und 0 0415 Grm. Wasserstoff.

Berechnet für C_3H_6O.	Gefunden I.	Gefunden II.
C... 62·08	62·01	61·27
H... 10·32	10·42	10·77

Mit einer concentrirten Lösung von Natriumbisulfit mischte sich die Flüssigkeit nach kurzer Zeit unter Erwärmen und gab beim Erkalten die bekannte krystallisirte Verbindung des Acetons mit dem Natriumbisulfit.

Die Bildung von Aceton ist hierdurch festgestellt und sie scheint besonders beachtenswerth bei Studien über die Structurformeln der Körper dieser Gruppe, wegen des milden Charakters der Reaction, durch welche das Aceton aus der Monochlorcitramalsäure entsteht.

Was die Ausbeute an Aceton anbelangt, so scheint sie um so geringer zu sein, je mehr überschüssige Basis zur Zersetzung der Monochlorcitramalsäure angewendet wurde; am grössten ist sie unzweifelhaft, wenn reines monochlorcitramalsaures Salz durch Kochen zerlegt wird, und es dürfte dann die wahre Umsetzungsgleichung die folgende sein:

$$2C_5H_5BaClO_5 + H_2O = C_5H_6BaO_6 + BaCl_2 + C_3H_6O + 2CO_2.$$

Ein quantitativer Nachweis der Richtigkeit dieses Schemas bietet jedoch zu grosse Schwierigkeiten, aus mehreren Gründen, die in Betracht der Eigenschaften der entstandenen Producte leicht verständlich sind und zu welchen noch der Umstand hinzutritt, dass stets eine nicht unbedeutende Menge von kohlensaurem Baryt sich ausscheidet, welcher jedenfalls einer Nebenreaction seinen Ursprung verdankt.

Zersetzung der monochlorcitramalsauren Salze.

Vertheilt man das Baryumsalz in einer grösseren Menge Wasser, so wird beim Kochen eine klare Flüssigkeit erhalten,

welche erst später kleine Mengen von kohlensaurem Baryt ausscheidet, wenn sich keine Kohlensäure mehr entwickelt. Setzt man nun zur Flüssigkeit überschüssige Salzsäure, dampft ab und erhitzt im Wasserbad bis zur Verflüchtigung aller Salzsäure, so bleibt eine zähe Masse zurück und kann man daraus mit Alkohol die entstandene Säure ausziehen, die beim Verdampfen des Alkohols syrupös zurückbleibt und nach einiger Zeit anfängt zu krystallisiren.

In bequemerer Weise und reiner erhält man die Säure, wenn man anstatt des Barytsalzes der Monochlorcitramalsäure deren Bleisalz in kochendem Wasser zerlegt. Nach erfolgter Zersetzung wird in die Flüssigkeit Schwefelwasserstoffgas geleitet, das Schwefelblei abfiltrirt und die Flüssigkeit im Wasserbad eingedampft; nachdem die Salzsäure entwichen ist, bleibt die Säure kaum gefärbt als dicker Syrup zurück, der auch nach einiger Zeit Krystalle bildet, bis dann die ganze Flüssigkeit krystallinisch erstarrt ist.

Durch die hier zu gebenden Daten soll nun nachgewiesen werden, dass die so entstandene Säure identisch ist mit der von Carius als Citraweinsäure beschriebenen.

Das reine Baryumsalz dieser Säure verdanke ich der Güte des Herrn Prof. Gottlieb, der dasselbe aus der, in oben beschriebener Weise gewonnenen Säure zuerst darstellte. Überdies stellte mir Herr Prof. Gottlieb die unten angesetzten drei Baryumbestimmungen zur Verfügung und übergab mir das Material zu einer Verbrennung des Salzes.

I. 0·3375 Grm. zwischen 115 und 120° getrocknet, gaben 0·2205 Grm. $BaCO_3$, worin 0·1533 Grm. Baryum.

II. 0·3935 Grm. gaben ferner 0·2590 Grm. $BaCO_3$ mit 0·1801 Grm. Baryum.

III. 0·4758 Grm. lieferten endlich 0·3116 Grm. $BaCO_3$, in welchen 0·2167 Grm. Baryum sich finden.

IV. 0·3810 Grm. gaben mir mit chromsaurem Bleioxyd und Kaliumbichromat verbrannt: 0·2755 Grm. CO_2 und 0·076 Grm. Wasser, entsprechend 0·0751 Grm. Kohlenstoff und 0·0084 Grm. Wasserstoff.

Berechnet für $C_5H_6BaO_6$		Gefunden: I.	II.	III.	IV.
C_5 ...	20·06	—	—	—	19·72
H_6 ...	2·01	—	—	—	2·20
Ba ...	45.82	45·44	45·77	45·54	—
O_6 ...	32·11				
	100·00				

Das Bleisalz erhielt ich als flockigen Niederschlag durch Sättigen der Säure mit kohlensaurem Kali und Ausfällen mit Bleinitrat; beim Kochen wird der Niederschlag körnig und kann leicht gewaschen werden.

In Bezug auf seine Löslichkeit fand ich Übereinstimmung mit den Angaben von Carius.

0·3675 Grm., bei 100° getrocknet, gaben 0·299 Grm. $PbSO_4$; somit 0·2043 Grm. oder 55·58% Blei. Die Formel $C_5H_6PbO_6$ verlangt 56·14% Blei.

Das Silbersalz, erzeugt aus neutralem Kaliumsalz mit Silbernitrat, fand ich ziemlich löslich in heissem Wasser und dabei unzersetzt bleibend. Nachdem es kalt gewaschen war, wurde es aus heissem Wasser umkrystallisirt und es gaben dann, über Schwefelsäure getrocknet, 0·2190 Grm. Substanz 0·1250 Grm. Silber gleich 57·08%, während für $C_5H_6Ag_2O_6$ 57·14% Silber berechnet sind.

Die Säure macht Eisenoxyd durch Alkali unfällbar, jedoch gilt dies nur für die Lösungen bei gewöhnlicher Temperatur, während bei Kochhitze Eisenoxydhydrat sich reichlich ausscheidet.

Von der Säure, deren Identität mit Citraweinsäure durch das Angeführte festgestellt wurde, versuchte ich weiterhin bisher nicht beschriebene Salze darzustellen, gelangte jedoch zu keinem, welches bemerkenswerthe Eigenschaften bot. Die Lösung eines neutralen Alkalisalzes gab keine Niederschläge mit Lösungen von Kupfer-, Kobalt-, Cadmium- und Uransalzen. In der Lösung, welche mit Kupfersulfat versetzt war, brachte Ätzkali keinen Niederschlag hervor, jedoch schied sich nach und nach beim Kochen Kupferoxyd aus.

An dieser Stelle will ich erwähnen, dass Citraweinsäure in erheblicher Menge gewonnen werden kann aus den Flüssigkeiten, welche vom monochlorcitramalsauren Baryum abfiltrirt werden, wie sie sich ergeben beim Darstellungsvorgange der genannten Säure, welchen Herr Prof. Gottlieb beschrieb.

Werden dieselben mit Kalk gekocht und dabei concentrirt, so enthält der Kalkniederschlag das Salz einer organischen Säure. Bringt man nun denselben auf ein Filter, lässt die Flüssigkeit möglichst abtropfen und beginnt dann den Niederschlag mit reinem Wasser auszulaugen, so löst sich das organische Kalksalz.

Auf Zusatz von Bleiacetat entsteht dann eine reichliche Fällung von Bleisalz. Dieses wird gesammelt, gewaschen und mit Schwefelwasserstoff zerlegt. Dem Bleisalze ist Chlorblei beigemengt, dessen Salzsäure beim Eindampfen entweicht, und die Säure bleibt als syrupöse bräunlich gefärbte Masse zurück; durch Thierkohle wird sie leicht vollständig entfärbt und wird beim Eindampfen nach längerem Stehen krystallinisch.

Durch die folgenden Versuche wurde dieselbe als Citraweinsäure erkannt.

0·3380 Grm. des Bleisalzes gaben 0·2790 Grm. $PbSO_4$, worin 0·1906 Grm. Blei, entsprechend 56·39% ; berechnet für citraweinsaures Blei 56·14%.

0·5190 Grm. des Barytsalzes, welches amorph eintrocknete, gaben 0·338 Grm. $BaCO_3$, entsprechend 0·2351 Grm. Baryum oder 45·29% ; die Rechnung verlangt 45·82%.

Die Säure gab ein Silbersalz, dessen kochende Lösung sich nicht zersetzte, und ebenso war das Verhalten gegen Eisenchlorid und Ätzkali übereinstimmend mit dem der Citraweinsäure.

Die Bedingungen, unter denen in diesem Falle die Citraweinsäure entstand, sind ganz analog denjenigen, unter welchen Carius diese Säure erhielt. Das monochlorcitramalsaure Baryum ist in beiden Fällen in einer grossen Flüssigkeitsmenge vertheilt und es dürfte in Folge dessen die Zersetzung desselben langsam erfolgen und dadurch die Bildung von Citraweinsäure bedingt sein, obwohl das Vorhandensein eines Überschusses von Basis die Bildung jener anderen Säure wahrscheinlich

machte, die in den oben geschilderten Versuchen erhalten wurde und deren Beschreibung nun folgen soll.

Zersetzung der Monochlorcitramalsäure durch Basen im Ueberschuss.

Bereits im einleitenden Theile dieser Mittheilung wurde von einem Barytsalze gesprochen, welches in feinen Nadeln krystallisirt und leicht zu reinigen ist wegen seiner Eigenschaft, in heissem Wasser weitaus löslicher zu sein, als im kalten. Die Bedingungen der Bildung desselben sind oben auch schon erörtert, ebenso dass dieses Barytsalz einer Säure angehöre, die keinesfalls identisch sein kann mit Citraweinsäure. Weiters wurde auch bemerkt, dass in den Mutterlaugen dieses Barytsalzes ein anderes Baryumsalz sich finde.

Die Erkennung desselben wurde sehr erleichtert durch das Auftauchen der Vermuthung, dass es citraweinsaures Baryum sein könne. Auf Grund dieser Vorstellung versuchte ich die beiden Säuren zu trennen, unter Zuhilfenahme ihrer verschiedenen Löslichkeit in Äther.

Während die neue Säure aus wässriger Lösung sehr vollständig durch Äther extrahirt werden kann, wird die Citraweinsäure nur in höchst geringen Mengen vom Äther aufgenommen.

Es wurden deshalb die Mutterlaugen vom Baryumsalz mit Salzsäure übersättigt und mit Äther wiederholt ausgeschüttelt. Der Rückstand, den der Äther beim Abdampfen gab, bestand zum Theil aus der leicht krystallisirenden Säure des nadelförmigen Salzes und der geringeren Menge nach aus einer syrupösen Säure.

Nach der Extraction mit Äther wurde die ganze Flüssigkeit auf dem Wasserbad erhitzt, bis zum schliesslichen Abrauchen der Salzsäure. Dabei blieb das vorhandene Chlorbaryum umgeben von einer zähen sauren Masse zurück. Durch Behandeln mit Alkohol wurde diese Säure gelöst und mit Thierkohle entfärbt. Aus wässeriger, syrupöser Lösung erhielt ich sie schliesslich krystallinisch. Die bis dahin beobachteten Eigenschaften machten es schon sehr wahrscheinlich, dass wirklich Citraweinsäure vorliege; durch Darstellung des Silbersalzes und eine

Silberbestimmung schaffte ich mir volle Gewissheit, ebenso wie durch mehrere, wie oben angewendete Reactionen.

0·195 Grm. Silbersalz, über Schwefelsäure getrocknet, gaben 0·111 Grm. Silber oder 56·92%; citraweinsaures Silber enthält 57·14%.

Das Auftreten der Citraweinsäure neben der neuen Säure hat nichts Befremdendes an sich, denn es besteht eine sehr nahe Beziehung zwischen beiden, wie bald ersichtlich werden soll. Die neue Säure unterscheidet sich von der Citraweinsäure nur durch einen Mindergehalt von einem Molecül Wasser und enthält somit um ein Atom Sauerstoff mehr als Citraconsäure. Bis Näheres über ihre Constitution bekannt sein wird, schlage ich vor, sie zu bezeichnen als

Oxycitraconsäure.

Die Darstellung dieser Säure wurde, was sich als zweckentsprechendst erwies, derart vorgenommen, dass Monochlorcitramalsäure in kochendem Wasser gelöst und hierauf Barytwasser im Überschuss zugesetzt wurde. Die Flüssigkeit wurde nun so lange gekocht, als sich noch Kohlensäure entwickelte, und dann möglichst rasch abfiltrirt. Beim Erkalten scheidet sich das Barytsalz in grossen Mengen aus und wird auf einem Filter mit kaltem Wasser gewaschen. Man zertheilt es hierauf in wenig Wasser und setzt Salzsäure in schwachem Überschuss zu.

Durch dreimaliges Ausschütteln mit Äther lässt sich fast die ganze Menge der Säure aus der Flüssigkeit gewinnen und beim Verdunsten des Äthers bleibt sie völlig farblos, krystallinisch zurück. Beim Umkrystallisiren aus Wasser bekommt man die Säure in schönen Prismen.

Sie ist in Wasser, Alkohol und Äther sehr leicht löslich, verändert ihr Gewicht bei 100° nicht, wird bei 120—130° weich und bläht sich zu einer weissen schaumigen Masse auf. Wird diese in Wasser gebracht, so schwillt sie gelatinös auf und löst sich äusserst langsam; durch Erwärmen wird die Lösung beschleunigt.

Dampft man nun diese Lösung ein, so krystallisirt keine Oxycitraconsäure mehr, sondern es bleibt ein dicker Syrup

zurück, der alle Eigenschaften der Citraweinsäure hat und deren Reactionen mit den verschiedenen Salzlösungen zeigt. Obwohl ich noch nicht im Besitze analytischer Daten bezüglich dieser Umsetzung bin, glaube ich an der Bildung der Citraweinsäure aus Oxycitraconsäure nicht mehr zweifeln zu dürfen, behalte mir jedoch vor, diese Verhältnisse näher zu studiren.

Was nun die Zusammensetzung der Oxycitraconsäure betrifft, so wurde sie festgestellt durch folgende Verbrennungen, welche mit bei 100° getrockneter Substanz vorgenommen wurden.

I. 0·283 Grm. der bei 100° getrockneten Säure gaben 0·422 Grm. Kohlensäure und 0·114 Grm. Wasser, entsprechend 0·1151 Grm. Kohlenstoff und 0·0126 Grm. Wasserstoff.

II. 0·3015 Grm. gaben 0·455 Grm. Kohlensäure und 0·1155 Grm. Wasser; daraus berechnen sich 0·1241 Grm. Kohlenstoff und 0·0128 Grm. Wasserstoff.

	Berechnet für $C_5H_6O_5$	Gefunden: I.	Gefunden: II.
C_5	41·09	40·67	41·16
H_6	4·11	4·47	4·24
O_5	54·80	—	—
	100·00		

Die Säure bildet zwei Reihen von Salzen, von denen die neutralen im Molecül zwei Atome Wasserstoff durch Metall vertreten haben, während bei den sauren nur ein Wasserstoffatom substituirt ist.

Die neutralen Salze von Kali und Natron sind nicht krystallisirbar; sie trocknen über Schwefelsäure zu zähen Massen ein. In wässerigen Lösungen derselben bringt Alkohol eine Trübung hervor; nach längerer Zeit haben sich dann die Salze als dicke zähe Tropfen ausgeschieden.

Wird die Säure mit Ammoniak übersättigt und im Wasserbad eingedampft bis kein Ammoniak mehr entweicht, so entsteht eine dicke zähe Flüssigkeit, in welcher nach langem Stehen über Schwefelsäure Krystallbildung beginnt, in Form central angeordneter Nadeln. Eine wässerige Lösung dieses Salzes wird durch Alkohol ebenfalls als dicker Tropfen ausgefällt. Dieses Salz ist

das neutrale Ammonsalz, denn 0·5725 Grm. über Schwefelsäure getrocknet gaben als Platinsalmiak 0·6075 Grm. Platin, woraus 0·111 Grm. Ammonium berechnet wurden, was 19·39% entspricht; die Formel $C_5H_4(NH_4)_2O_5$ verlangt 20·00%.

Das saure Kaliumsalz, welches dargestellt wurde durch Absättigen von Säure mit kohlensaurem Kali und einem darauffolgenden Zusatz einer gleichen Menge von Säure, krystallisirt in mikroskopischen Prismen, welche schwerer löslich sind, als die freie Säure. Das Salz ist wasserfrei und verliert über Schwefelsäure nicht an Gewicht.

0·4070 Grm. gaben 0·1890 Grm. schwefelsaures Kalium, worin 0·0848 Grm. Kalium entsprechend 20·83%; berechnet 21·23%. Das saure Ammonsalz wurde auf ähnlichem Wege erhalten, wie das saure Kaliumsalz. Es krystallisirt beim Verdunsten der Flüssigkeit in mikroskopischen Prismen, an welchen häufig einspringende Winkel zu bemerken sind.

0·455 Grm. gaben 0·296 Grm. Platin, entsprechend 0·0539 Grm. Ammonium oder davon 11·85%. Berechnet für $C_5H_5(NH_4)O_5$ sind 11·04%.

Das neutrale Baryumsalz wurde auf verschiedenen Wegen dargestellt (s. o.) und erschien immer in schönen glänzenden Nadeln, die in heissem Wasser reichlich sich lösen, in kaltem hingegen kaum löslich sind.

Das Salz enthält vier Molecüle Krystallwasser und verliert dasselbe vollständig im Exsiccator über Schwefelsäure.

Das lufttrockne Salz gab folgende Krystallwassergehalte:

I.	0·5695	Grm. gaben	0·1175	Grm.	= 20·63%	H_2O.
II.	0·6605	„ „	0·1370	„	= 20·74 „	„
III.	0·5420	„ „	0·1115	„	= 20·57 „	„
IV.	1·1320	„ „	0·2340	„	= 20·67 „	„
V.	0·4535	„ „	0·0935	„	= 20·62 „	„
VI.	0·79125	„ „	0·1615	„	= 20·41 „	„
VII.	0·8070	„ „	0·1655	„	= 20·50 „	„

Bei den Bestimmungen I bis V wurde das Wasser durch Erhitzen auf 100° vertrieben; bei VI und VII hingegen wurde

im Exsiccator über Schwefelsäure entwässert. Für die Formel $C_5H_4BaO_5 + 4H_2O$ berechnen sich 20·39% Wasser.

Der Baryumgehalt des Salzes wurde in bei 100° getrockneter Substanz bestimmt:

I. 0·5973 Grm. gaben 0·4168 Grm. Baryumcarbonat, worin 0·2898 Grm. Baryum = 48·52%.

II. 0·4305 Grm. gaben 0·3005 Grm. Baryumcarbonat, darin sind 0·2089 Grm. Baryum = 48·54%.

III. 0·3580 Grm. gaben 0·2960 Baryumsulfat, enthaltend 0·1740 Grm. Baryum = 48·61%.

IV. 0·3800 Grm. gaben 0·2655 Grm. Baryumcarbonat, entsprechend 0·1845 Grm. Baryum = 48·55%.

Im Salze $C_5H_4BaO_5$ sind enthalten 48·75% Baryum.

Die Verbrennungen wurden mit bei 100° getrockneter Substanz vorgenommen. Die Substanz wurde in einem Schiffchen vertheilt und verbrannt, hierauf auskühlen gelassen und Kaliumbichromat auf den kohlensauren Baryt gestreut, nach dem Vorgange von Wislicenus (Ann. d. Chem. Band 149, pag. 211).

I. 0·3785 Grm. gaben 0·2975 Grm. Kohlensäure und 0·071 Grm. Wasser oder 0·08113 Grm. Kohlenstoff und 0·0078 Grm. Wasserstoff.

II. 0·4870 Grm. gaben 0·382 Grm. Kohlensäure und 0·080 Grm. Wasser oder 0·10418 Grm. Kohlenstoff und 0·0088 Grm. Wasserstoff.

		Gefunden:	
Berechnet für $C_5H_4BaO_5$		I.	II.
Kohlenstoff....	21·35	21·43	21·39
Wasserstoff....	1·42	2·06	1·80

Das Strontiumsalz bildet ebenso wie das Baryumsalz feine Nadeln, welche jedoch bedeutend löslicher sind. Das Strontiumsalz ist deshalb darzustellen aus der freien Säure mit kohlensaurem Strontium in kochender Lösung. Beim Erkalten der vom überschüssigen kohlensauren Strontium abfiltrirten Flüssigkeit beginnt dann die Ausscheidung des Salzes.

Es enthält vier Molecüle Krystallwasser, denn 1·7275 Grm. lufttrocknen Salzes gaben beim Erhitzen auf 100° 0·403 Grm. Wasser ab, also für 100 Theile 23·33 Theile. Ebenso erlitten

2·3525 Grm. einen Verlust von 0·5495 Grm. Wasser, somit sind in 100 Theilen 23·35 Theile Wasser enthalten.

Berechnet für $C_5H_4SrO_5+4H_2O$ sind 23·68% Wasser.

Im bei 100° getrockneten Salz fanden sich, da 0·647 Grm. desselben 0·508 Grm. Strontiumsulfat gaben, worin 0·243 Grm. Strontium, davon 37·55%. Desgleichen gaben 0·7305 Grm. 0·571 Grm. Strontiumsulfat, entsprechend 0·2729 Grm. Strontium oder 37·35%. Berechnet für $C_5H_4SrO_5$ sind 37·92%.

0·353 Grm. gaben mit Bleichromat und Kaliumbichromat verbrannt 0·329 Grm. Kohlensäure und 0·062 Grm. Wasser; daraus berechnen sich 0·0897 Grm. Kohlenstoff und 0·0068 Grm. Wasserstoff.

	Berechnet für $C_5H_4SrO_5$	Gefunden:
Kohlenstoff....	25·97	25·42
Wasserstoff ...	1·77	1·91

Das Kalksalz ist in Wasser sehr leicht löslich und krystallisirt in mikroskopischen, gedrückten Pyramiden. Durch Alkohol wird es körnig ausgefällt und geht dann nach und nach in krystallinische Form über.

Das Bittererdesalz der Oxycitraconsäure krystallisirt nicht; es bildet ein an der Luft zerfliessliches Gummi. Mit Nickellösungen geben die neutralen oxycitraconsauren Salze keine Fällung. Ebenso mit Kobaltsalzen nicht. Wenn man kohlensaures Kobaltoxydul in Oxycitraconsäure löst, bekommt man eine dunkelweinrothe Lösung, die zu einem sehr spröden Gummi eintrocknet. Versetzt man aber mit Alkohol eine solche Lösung, so erhält man einen schön pfirsichblüttherothen Niederschlag, der die Temperatur von 180° verträgt, ohne sich zu zersetzen.

Sehr bemerkenswerth ist das Verhalten der oxycitraconsauren Salze gegen Eisenchloridlösung.

Mit Eisenchlorid entsteht in einer Lösung des neutralen Kalisalzes ein röthlich-brauner Niederschlag, von der Farbe des bernsteinsauren Eisens. Wenn man nun die Flüssigkeit mit dem Niederschlag kocht, so wird derselbe zersetzt und verschwindet vollständig aus der Flüssigkeit. Dabei entwickelt sich Kohlensäure, die ich mit Barytwasser nachwies und die Flüssigkeit wird dunkelbraungrün und vollkommen klar; es ist dann

sehr viel Eisenoxydul vorhanden, denn rothes Blutlaugensalz gibt eine reichliche blaue Füllung, ebenso gibt Kalilauge einen tiefschwarzen Niederschlag. Mit dem Wasser, welches abdestillirte, während der Zersetzung des Eisenoxydsalzes, ging ein Körper mit, der wenig im Wasser sich löste, dessen Dampf stechend war und der blaues Lakmuspapier nicht röthete, also indifferenter Natur. Die Untersuchung dieser merkwürdigen Reaction werde ich demnächst mit grösseren Mengen durchführen.

Mit schwefelsaurem Mangan und schwefelsaurer Thonerde gibt oxycitraconsaures Natrium keine Niederschläge.

Mit Chromoxydsulfat entsteht ein weisslich-grüner Niederschlag, der beim Kochen aus der Flüssigkeit verschwindet, während Kohlensäure entweicht.

Essigsaures Uran gab mir mit freier Oxycitraconsäure ein amorphes, gummiartig eintrocknendes Salz.

Zu den charakteristischsten Salzen der Oxycitraconsäure zählt das Bleisalz; es zeichnet sich durch grosse Schwerlöslichkeit aus. Es krystallisirt in feinen seideglänzenden Nadeln, welche besonders schön entstehen, wenn sehr verdünnte Lösungen zur Herstellung des Salzes verwendet werden, wobei es nach längerer Zeit erst sich auszuscheiden beginnt. Beim Ausfällen in concentrirten Lösungen entstehen mikroskopische kurze Prismen, welche oft Durchkreuzungszwillinge bilden.

Umkrystallisiren aus kochendem Wasser lässt sich das Bleisalz nicht; es ist darin wenig löslicher als in kaltem und erleidet beim Kochen theilweise Zersetzung, wobei Kohlensäure entweicht und kohlensaures Blei ausfällt, während mit dem Dampf der Flüssigkeit eine eigenthümlich riechende Substanz weggeht.

Das Bleisalz enthält ebenfalls Krystallwasser, welches es jedoch bei 100° nicht vollständig verliert. Zwei Molecüle des lufttrocknen Salzes enthalten neun Molecüle Krystallwasser und verlieren deren acht über Schwefelsäure oder bei 100°.

I. 0·730 Grm. gaben bei 100° 0·112 Grm. Wasser ab, oder 16·71%.

II. 3·670 Grm. ergaben über Schwefelsäure einen Wasserverlust von 0·609 Grm., somit 16·59%.

Wenn das Salz $2(C_5H_4PbO_5)+9H_2O$ einen Verlust erleidet von $8H_2O$, so beträgt dies 16·66%.

Die procentische Zusammensetzung des Salzes wurde in folgenden Bestimmungen festgestellt.

I. 0·906 Grm. gaben 0·410 Grm. Blei und 0·120 Grm. Bleioxyd, somit Blei 0·521 Grm.

II. 0·618 Grm. gaben 0·520 Grm. Bleisulfat, worin 0·3552 Grm. Blei.

III. 0·9975 Grm. gaben 0·476 Grm. Blei und 0·105 Grm. Bleioxyd, also 0·5734 Grm. Blei.

IV. 0·50075 Grm. gaben 0·41825 Grm. Bleisulfat; dieses enthält 0·2857 Grm. Blei.

Die Probe Nr. I war über Schwefelsäure getrocknet, die andern bei 100°.

V. 0·381 Grm. bei 100° getrockneten Salzes mit chromsaurem Bleioxyd verbrannt, gaben 0·233 Grm. Kohlensäure und 0·050 Grm. Wasser, entsprechend 0·0635 Grm. Kohlenstoff und 0·0055 Grm. Wasserstoff.

Berechnet für $2(C_5H_4PbO_5)+H_2O$		Gefunden:				
		I.	II.	III.	IV.	V.
C_{10}	16·66	—	—	—	—	16·67
H_{10}	1·39	—	—	—	—	1·44
Pb_2	57·50	57·50	57·47	57·48	57·54	—
O_{11}	24·45					
	100·00					

Das Bleisalz dieser Zusammensetzung ist schön seideglänzend, verträgt jedoch die Temperatur von 120° nicht ohne sich zu verfärben.

Durch Wechselzersetzung eines neutralen Alkalisalzes mit Bleiessig versuchte ich ein basisches Bleisalz darzustellen und beobachtete dabei folgende Erscheinungen. Zuerst bildete sich ein voluminöser weisser Niederschlag; nach mehreren Stunden war ein theilweises Verschwinden desselben unverkennbar; am folgenden Morgen fand ich eine schöne Krystallisation des nadelförmigen Bleisalzes und nebenbei wenig amorphen Niederschlag. Ich setzte nun noch etwas Bleiessig zu, worauf nach mehreren Stunden nur mehr das krystallisirte Salz in der Flüssig-

keit vorhanden war. Die Nichtexistenz eines basischen Bleisalzes ist durch diese Beobachtungen sehr wahrscheinlich.

Mit salpetersaurem Quecksilberoxydul gibt oxycitraconsaures Natron einen weissen Niederschlag, der beim Kochen aus der Flüssigkeit theilweise verschwindet und sich grau verfärbt.

Das Cadmiumsalz der Oxycitraconsäure ist ein hartes Gummi und, durch Alkohol ausgeschieden, ein lockerer weisser Niederschlag.

Das oxycitraconsaure Silber ist äusserst leicht zerleglich. Wenn oxycitraconsaures Natron mit Silbernitrat versetzt wird, so entsteht ein weisser Niederschlag, der jedoch in der kürzesten Zeit braun wird und während des Waschens sich reichlich löst, dabei käsig zusammenbackt und vollständiges Auswaschen gar nicht gestattet. Als ich mir Silbersalz bereitete aus freier Säure mit Silberacetat, war der Erfolg kein besserer, und eine Untersuchung des Silbersalzes musste deshalb unterbleiben.

In kochendem Wasser scheidet das Silbersalz sehr schnell metallisches Silber ab und ist dabei Kohlensäureentwicklung wahrzunehmen. Beim Verbrennen schwillt das Silbersalz beträchtlich auf und brennt dann ruhig ab.

Die Zerleglichkeit der Salze der Oxycitraconsäure ist, wie bei verschiedenen Gelegenheiten schon bemerkt, eine bedeutende, und untersuchte ich in dieser Richtung besonders das Baryumsalz, indem ich hoffte, dadurch Anhaltspunkte zu gewinnen für die Beurtheilung der Constitution der Oxycitraconsäure. Zuerst stellte ich den Versuch an, ob das oxycitraconsaure Baryum in kochendem Wasser nicht Zersetzung erleide und kochte eine Lösung desselben einen ganzen Tag hindurch unter Ersatz des verdampfenden Wassers. Durch Eindampfen auf dem Wasserbad concentrirte ich dann die Flüssigkeit allmälig und entfernte die einzelnen dabei entstehenden Krystallisationen. So konnte ich die Flüssigkeit bis zum letzten Tropfen als Lösung des unzersetzt gebliebenen Baryumsalzes erkennen. Wenn nun die Zersetzung im kochenden Wasser nicht erfolgt, so tritt sie jedoch leicht ein, wenn man Baryumsalz mit der beiläufig fünffachen Menge an Wasser in ein Rohr einschliesst und anhaltend auf 120° erhitzt.

Dabei bildet sich kohlensaurer Baryt, freie Kohlensäure und ein öliger Körper, den ich durch Abdestilliren mit Wasser erhielt. Er ist leichter als Wasser und zeigt einen eigenthümlichen Geruch. Die Untersuchung dieses ölartigen Körpers, dessen Menge übrigens nur ein kleiner Bruchtheil der angewendeten Quantität des Baryumsalzes darstellt, dürfte von grösserer Bedeutung sein für die Erforschung der inneren Zusammensetzung der Oxycitraconsäure.

Die freie Oxycitraconsäure geht mit Brom keine Reaction ein. Eine concentrirte Lösung der Säure wurde im Wasserbad mit Brom erhitzt; dabei entweicht alles Brom ohne eingewirkt zu haben. Die Lösung der Säure gab dann wieder das charakteristische Bleisalz mit Bleiacetat. Ebenso wurde keine Einwirkung von Natriumamalgan erzielt. Hievon überzeugte ich mich, nachdem überschüssiges Natriumamalgam in der wässrigen Lösung der Säure zersetzt war, durch die Bildung des nadelförmigen Bleisalzes, von dem ich auch eine Bleibestimmung ausführte.

Weitere Versuche habe ich mit der Säure bisher nicht angestellt, hoffe aber bald Ausführlicheres über diese schwer zu beschaffende Säure berichten zu können.

Zersetzung der Monochlorcitramalsäure durch Wasser bei höherer Temperatur.

Die verschiedene Art des Zerfalls der Monochlorcitramalsäure, wie ihn die im Vorangehenden beschriebenen Versuche darstellen, war die Veranlassung, das Verhalten der genannten Säure gegen Wasser bei höherer Temperatur zu prüfen.

Es war die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, dass bei dieser Einwirkung Oxycitraconsäure sich bilde, und es wäre dann der bequemste Weg, diese Säure darzustellen, dadurch gegeben.

In zugeschmolzenen Röhren wurden bei 3 Grm. reiner Monochlorcitramalsäure mit der zehnfachen Menge Wasser auf 110—120° während zwölf Stunden erhitzt. Beim Öffnen der Röhren zeigte sich starker Druck. Das entwickelte Gas wurde durch Barytwasser geleitet und so zunächst Kohlensäure aufgefunden; durch Silbernitrat konnte in der Flüssigkeit Chlor

nachgewiesen werden, was beweist, dass dasselbe als Salzsäure aus der Monochlorcitramalsäure ausgeschieden wurde.

Der Inhalt der Röhren wurde dann in eine Retorte gefüllt und aus dem Wasserbad theilweise abdestillirt. Das Destillat gab durch Fractioniren eine Partie von 56° Siedepunkt und dem Geruch des Acetons. Die analytische Nachweisung des Acetons wurde deshalb unterlassen.

Die in der Retorte zurückgebliebene Flüssigkeit überleerte ich in eine Porzellanschale und erhielt in derselben nach Verdampfen der Flüssigkeit und Abrauchen der Salzsäure eine syrupöse Säure, die farblos war und nach längerer Zeit krystallisirte. Aus diesen Eigenschaften war bereits die Vermuthung, dass sich Citraweinsäure gebildet habe, besonders wahrscheinlich geworden und gaben die analytischen Untersuchungen der Säure diesfalls volle Gewissheit.

Das Bleisalz, dessen Eigenschaften vollkommen zusammentrafen mit jenen des citraweinsauren Blei's gab in der Menge von 1·243 Grm. bei 100° getrocknet, 0·523 Grm. Blei und 0·187 Grm. Bleioxyd, somit im Ganzen 0·6966 Grm. Blei.

0·358 Grm., auch bei 100° getrocknet, gaben, mit chromsaurem Blei verbrannt, 0·212 Grm. Kohlensäure und 0·059 Grm. Wasser, entsprechend 0·0578 Grm. Kohlenstoff und 0·0065 Grm. Wasserstoff.

	Berechnet für $C_5H_6PbO_6$	Gefunden:
C_5	16·25	16·15
H_6	1·62	1·81
Pb	56·14	56·04
O_6	25·99	
	100·00	

Andere, zur weiteren Bestätigung ausgeführte Reactionen mit Salzen gaben ausnahmslos zutreffende Resultate, und es ist somit der Beweis hergestellt, dass die Zersetzung der Monochlorcitramalsäure durch Wasser unter höherem Druck ganz parallel verlaufe mit der Zersetzung der neutralen chlorcitramalsauren Salze im kochenden Wasser.

Die Darstellung der Citraweinsäure in der hier mitgetheilten Weise kann als die zweckmässigste empfohlen werden, weil sie am schnellsten zu reiner Säure führt.

Am Schlusse dieser Abhandlung fühle ich mich in hohem Grade verpflichtet, dem Danke Ausdruck zu geben, den ich Herrn Prof. Gottlieb schulde für vielfach ertheilte Rathschläge und ausgiebige Unterstützung, die er mir bei Durchführung dieser Arbeit zu Theil werden liess.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE CLASSE.

LXIX. Band.

ZWEITE ABTHEILUNG.

4.

Enthält die Abhandlungen aus dem Gebiete der Mathematik, Physik, Chemie, Mechanik, Meteorologie und Astronomie.

X. SITZUNG VOM 16. APRIL 1874.

Herr Custos Th. Fuchs zeigt mit Schreiben vom 5. April seine und seines Assistenten A. Bittner an diesem Tage erfolgte Abreise nach Malta an und erstattet der Akademie seinen Dank für die vielfache Unterstützung seines Unternehmens.

Der ungarische Karpathen-Verein in Kesmark dankt mit Schreiben vom 3. April für einige ihm zugesendete akademische Publicationen.

Der Secretär legt folgende eingesendete Abhandlungen vor:

„Über die verschiedene Erregbarkeit functionell verschiedener Nervmuskelapparate", vom Herrn Prof. Dr. Alex. Rollett in Graz.

Diese Mittheilung ist für den Anzeiger bestimmt.

„Über einige neue Staubfiguren", vom Herrn Dr. V. Dvořák in Prag, eingesendet durch Herrn Regierungsrath Dr. E. Mach.

„Experimenteller Beitrag zur Lehre von der Athembewegung" vom Herrn Prof. Dr. Sigm. Mayer in Prag, eingesendet durch Herrn Prof. Dr. Ew. Hering.

„Über die Reproductions-Organe der Aale", vom Herrn Dr. Syrski in Triest.

„Über neue und ungenügend bekannte Vögel von Neu-Guinea und den Inseln der Geelvinksbai." III. Mittheilung, vom Herrn Dr. Ad. Bernh. Meyer.

„Zur Erklärung der periodischen Änderungen der Elemente des Erdmagnetismus", vom Herrn Dr. J. Odstrčil, Gymnasial-Professor in Teschen.

Herr Prof. Dr. Ed. Suess legt eine Abhandlung des Herrn A. Bittner vor, betitelt: „Beiträge zur Kenntniss des Erdbebens von Belluno vom 29. Juni 1873."

Herr Regierungsrath Dr. K. v. Littrow berichtet über die am 11. April vom Herrn Hofrathe Winnecke in Strassburg gemachte Entdeckung eines neuen teleskopischen Kometen.

Herr Hofrath Dr. H. Hlasiwetz legt eine Abhandlung: „Über das Cinchonin", vom Herrn Dr. H. Weidel vor.

Herr Prof. Dr. Jul. Wiesner überreicht eine Abhandlung, betitelt: „Untersuchungen über die Beziehungen des Lichtes zum Chlorophyll."

Herr Dr. C. Toldt, k. k. Regimentsarzt, Prosector und Docent an der Wiener Universität, übergibt eine Abhandlung, betitelt: „Untersuchungen über das Wachsthum der Nieren des Menschen und der Säugethiere".

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Académie Royale de Copenhague: Mémoires. (Skrifter.) 5me Série. Classe des Sciences. Vol. X, Nrs. 3—6. Copenhague, 1873; 4°. — Bulletin. (Oversigt.) 1873, Nr. 1. Kjøbenhavn; 8°.

Accademia, Reale, delle Scienze di Torino: Memorie. Serie IIda. Tomo XXVII. Torino, 1873; 4°. — Bollettino meteorologico ed astronomico del Osservatorio dell' Università di Torino. Anno VII. 1873. Torino; 4°.

Akademie der Wissenschaften, Königl. Bayer., zu München: Sitzungsberichte. Philos.-philolog. und histor. Classe. 1873. Heft 4—5; Mathem.-physik. Classe. 1873. Heft 2. München; 8°.

— Koninkl., van Wetenschappen te Amsterdam: Verhandelingen. XIII. Deel. Amsterdam, 1873; 4°. — Verslagen en Mededeelingen. Afd. Letterkunde. II. Reeks. III. Deel; Afd. Natuurkunde. VII. Deel. Amsterdam, 1873; 8°. — Jaarboek. 1872. Amsterdam; 8°. — Processen Verbaal. 1872/3. 8°. — Esseiva, Petrus, *Gaudia domestica. Amstelodami, 1873; 8°.*

American Chemist. Vol. IV, Nr. 9. Philadelphia, 1874; 4°.

Annalen (Justus Liebig's) der Chemie & Pharmacie. N. R. Band 95, Heft 2 & 3. Leipzig & Heidelberg, 1874; 8°.

Apotheker-Verein, allgem. österr.: Zeitschrift (nebst Anzeigen-Blatt). 12. Jahrgang, Nr. 10. Wien, 1874; 8°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Tome LXXVIII, Nrs. 11—13. Paris, 1874; 4°.

Gesellschaft, k. k. geographische, in Wien: Mittheilungen. Band XVII (neuer Folge VII), Nr. 3. Wien, 1874; 8°.

— österr., für Meteorologie: Zeitschrift. IX. Band, Nr. 7. Wien, 1874; 4°.

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Wochenschrift. XXXV. Jahrgang, Nr. 13—15. Wien, 1874; 4°.

Landbote, Der steirische. 7. Jahrgang, Nr. 7. Graz, 1874; 4°.

Landwirthschafts-Gesellschaft, k. k., in Wien: Verhandlungen und Mittheilungen. Jahrgang 1874, Nr. 5. Wien; 4°.

Meyer, Adolf Bernhard, Anthropologische Mittheilungen über die Papuas von Neu-Guinea. I. Äusserer physischer Habitus. Wien, 1874; 8°.

Mittheilungen des k. k. techn. & administr. Militär-Comité. Jahrgang 1874, 3. Heft. Wien; 8°.

Moniteur scientifique du Dᵗᵉᵘʳ Quesneville. 388ᵉ Livraison. Paris, 1874; 4°.

Museum of Comparative Zoölogy, at Harvard College: Illustrated Catalogue. Nr. VII. Part III. Cambridge, 1873; 4°.

— The Geological, of Calcutta: Memoirs in 8°. Vol. X. Part 1. Calcutta, 1873; *Palaeontologia Indica.* (Memoirs in 4°.) Ser. VIII. Vol. IV, 3—5; Ser. IX. Vol. I, 1. Calcutta, 1873. — Records. Vol. VI. Parts 1—4. 1873. Calcutta; kl. 4°.

Nature. Nrs. 226, 230—232, Vol. IX. London, 1874; 4°.

Osservatorio del R. Collegio Carlo Alberto in Moncalieri: Bullettino meteorologico. Vol. VIII, Nr. 9. Torino, 1874; 4°.

Reichsanstalt, k. k. geologische: Verhandlungen. Jahrgang 1874, Nr. 5. Wien; 4°.

„**Revue** politique et littéraire“ et „Revue scientifique de la France et de l'étranger.“ IIIᵉ Année, 2ᵐᵉ Série, Nrs. 39—41. Paris, 1874; 4°.

Société de Biologie: Comptes rendus des séances et Mémoires. IIᵐᵉ Série. Tomes I—III. Années 1854—1856. IIIᵐᵉ Série. Tomes III—V. Années 1861—1863. IVᵐᵉ Série. Tomes I—II. Années 1864—1865. Paris, Londres & New-York; 8°.

— des Ingénieurs civils: Mémoires et Compte rendu des travaux. 3ᵐᵉ Série. 26ᵐᵉ Année, 3ᵐᵉ & 4ᵐᵉ Cahiers. Paris, 1873; 8°. — Résumés des travaux de chaque séance. Année 1873. Pages 195—286; Année 1874. Pages 1—80. Paris; 8°.

Society, The Chemical, of London: Journal. Ser. 2, Vol. XI. August to December 1873; Vol. XII. January 1874. London; 8°.

Verein, naturhistorischer, der preuss. Rheinlande und Westphalens: Verhandlungen. XXIX. Jahrgang. (III. Folge: 9. Jahrgang), 2. Hälfte. 1872; XXX. Jahrgang (III. Folge: 10. Jahrgang), 1. Hälfte. 1873. Bonn; 8°.

Wiener Medizin. Wochenschrift. XXIV. Jahrgang, Nr. 13—15. Wien, 1874; 4°.

Zeitschrift des österr. Ingenieur- & Architekten-Vereins. XXVI. Jahrgang, 5. Heft. Wien, 1874; 4°.

Die Geometrie auf den Flächen constanter negativer Krümmung.

Von Dr. Gustav v. Escherich.

(Mit 2 Holzschnitten.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 12. Februar 1874.)

Die Thätigkeit, welche die Forschungen über die sogenannte Nicht-Euklid'sche Geometrie erweckt hatten, lenkte die Aufmerksamkeit der Geometer auf eine früher gänzlich unbeachtete Gattung von Flächen, die Flächen constanter Krümmung. Die Geometrie auf diesen Flächen repräsentirt nämlich, wie zuerst Beltrami in seinem „Saggio di interpretazione della geometria non euclidea" zeigte, die Geometrie von zwei Dimensionen der Räumlichkeiten constanter Krümmung in dem Euklid'schen Raum.

Die vorliegende Abhandlung stellt sich nun die Aufgabe, die Geometrie auf diesen Flächen eingehender zu untersuchen und auch die projectivischen Beziehungen auf ihnen in den Umfang der Behandlung aufzunehmen. Bei der Erforschung der Projectivität bediene ich mich wegen mannigfacher Vortheile einer Methode, welche auch Beltrami in der erwähnten Abhandlung benützte; im ersten Theile verfolge ich einen anderen Weg, der gänzlich übersehen wurde und eigentlich schon in Gauss' Disquisitiones generales circa superficies curvas vorgezeichnet ist.

I.

Nimmt man auf einer Fläche eine Kürzeste und in letzterer einen Punkt 0 als fix an, so ist die Lage jedes Punktes der Fläche bestimmt durch seine kürzeste Entfernung p von 0 und durch den Winkel v derselben mit der als Axe angenommenen Kürzesten. Der Ausdruck für das Krümmungsmass k der Fläche in diesen Coordinaten ist dann nach Gauss's Disquisitiones generales circa superficies curvas 19:

$$k = -\frac{1}{m}\frac{\partial^2 m}{\partial p^2}$$

der für das Linienclement der Fläche:

$$ds^2 = dp^2 + m^2 dv^2.$$

Aus dieser Formel für das Linienelement erhält man als Differentialgleichung der Kürzesten:

$$\frac{\partial m}{\partial p} + \frac{d\vartheta}{dv} = 0,$$

wobei $m\frac{dv}{dp} = \tan\vartheta$, $\frac{dp}{ds} = \cos\vartheta$, $m\frac{dv}{ds} = \sin\vartheta$ ist,

ϑ also den Winkel bezeichnet, welchen die Kürzeste und p-Curve in der Richtung des Wachsens bilden.

Die einfachste Annahme $k = 0$ übergehend, da für diese Flächen die Euklid'sche Planimetrie gilt, will ich die Differentialgleichung für das Krümmungsmass unter der nächst einfachen Voraussetzung eines constanten k integriren. Diese Gattung Flächen hat also mit denen von der Krümmung 0 die Eigenschaft gemeinsam, dass in ihnen alle Figuren ohne Dehnung beliebig bewegbar sind. Da nun auf einer Fläche durch je zwei Punkte sich im allgemeinen nur eine einzige Kürzeste legen lässt, so gelten, wenn nicht Ausnahmspunkte bestehen, für diese Flächen alle Sätze der Euklid'schen Planimetrie, die blos aus der Definition der Geraden und mittelst Deckung abgeleitet werden. Wegen des Fehlens solcher Ausnahmspunkte auf den Flächen constanter negativer Krümmung — im Unterschiede von denen constanter positiver Krümmung — treten die Abweichungen zwischen der Planimetrie und der Geometrie auf diesen Flächen erst bei jenen Sätzen auf, die in der Planimetrie nur mit Hilfe des Parallelitheorems bewiesen werden können.

Aus $k = -\frac{1}{m}\frac{\partial^2 m}{\partial p^2}$ folgt:

$$2\frac{\partial m}{\partial p}\frac{\partial^2 m}{\partial p^2} = -k\,2m\frac{\partial m}{\partial p}, \quad \text{daher ist}$$

$\frac{\partial m}{\partial p} = \sqrt{1-km^2}$, da für $p=0 : m=0$ und $\frac{\partial m}{\partial p} = 1$ ist,

folglich

$$m = \frac{1}{\sqrt{k}} \sin p\sqrt{k}.$$

Da nun für diese Flächen m nur von p abhängig ist, der Winkel ϑ sich nur insoferne nach v ändert, als damit eine Änderung des p verbunden ist, so erhält die Differentialgleichung der Kürzesten die Gestalt:

$$\frac{dm}{dp} + \frac{d\vartheta}{dp}\frac{dp}{dv} = 0,$$

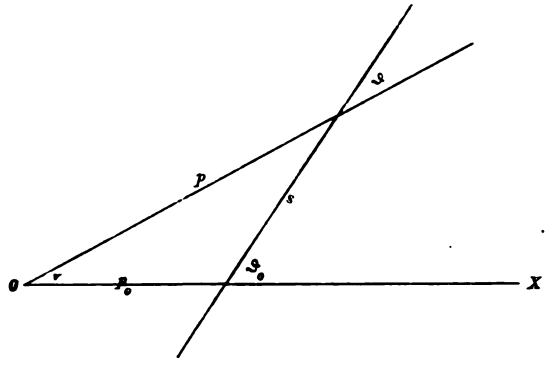
somit

$$-\sqrt{k}\cot(p\sqrt{k})\,dp = \cot\vartheta\,d\vartheta,$$

woraus folgt:

$$\sin(p\sqrt{k})\sin\vartheta = \text{Const.}$$

Fig. 1.



Ist nun p_0 die Abscisse des Durchschnittspunktes der Kürzesten mit der als Axe angenommenen $0X$, ϑ_0 der Winkel, den dieselbe mit der $0X$ bildet, so erhält man:

$$\frac{\sin(p_0\sqrt{k})}{\sin(p\sqrt{k})} = \frac{\sin\vartheta}{\sin\vartheta_0}.$$

Da nun wegen der constanten Krümmung der Fläche jede Figur ohne Dehnung verschiebbar ist, so erhält man, wenn die dritte Seite mit s bezeichnet wird, folgende drei Gleichungen:

$$\frac{\sin(p_0\sqrt{k})}{\sin(p\sqrt{k})}=\frac{\sin\vartheta}{\sin\vartheta_0};\ \frac{\sin(p\sqrt{k})}{\sin(s\sqrt{k})}=\frac{\sin\vartheta_0}{\sin v};\ \frac{\sin(s\sqrt{k})}{\sin(p_0\sqrt{k})}=\frac{\sin v}{\sin\vartheta}\quad (I)$$

Aus diesen folgt:

$$\sin(s\sqrt{k})\cos\vartheta\frac{d\vartheta}{dv}+\sqrt{k}\sin\vartheta\cos(s\sqrt{k})\frac{ds}{dv}=\sin(p_0\sqrt{k})\cos v$$

$$\sin(p\sqrt{k})\cos v\frac{dv}{ds}+\sqrt{k}\cos(p\sqrt{k})\sin v\frac{dp}{ds}=\sqrt{k}\sin\vartheta_0\cos(s\sqrt{k});$$

substituirt man hierin die Werthe von $\frac{d\vartheta}{dv}$, $\frac{ds}{dv}$, $\frac{dp}{ds}$, so gewinnt man:

$$\sin(p_0\sqrt{k})\cos v=\sin(p\sqrt{k})\cos(s\sqrt{k})-\cos(p\sqrt{k})\sin(s\sqrt{k})\cos\vartheta\quad (II)$$

$$\sin\vartheta_0\cos(s\sqrt{k})=\cos v\sin\vartheta+\sin v\cos\vartheta\cos p\sqrt{k}\quad (III)$$

setzt man in II:

$$\sin(s\sqrt{k})\cos\vartheta=\sin(p\sqrt{k})\cos(p_0\sqrt{k})-\sin(p_0\sqrt{k})\cos(p\sqrt{k})\cos v$$

so ergibt sich:

$$\cos s(\sqrt{k})=\cos(p\sqrt{k})\cos(p_0\sqrt{k})+\sin(p\sqrt{k})\sin(p_0\sqrt{k})\cos v\quad (IV)$$

Bei positivem k gelten diese Gleichungen für die Flächen constanter positiver Krümmung und sind — welche Folgerung auch aus der Umkehrung von Gauss l. c. 12 gezogen werden kann — identisch mit den Hauptgleichungen der sphärischen Trigonometrie; bei negativem k gelten sie für die Flächen constanter negativer Krümmung. Da die Geometrie auf der Kugel und somit auch auf allen Flächen constanter positiver Krümmung zur Genüge erforscht ist, so beschränke ich mich in den weiteren Entwickelungen auf ein bloss negatives k. Setzt man der Einfachheit halber statt k: $-\frac{1}{k^2}$, so hat man in den obigen Formeln für $\sqrt{k}$: $\frac{i}{k}$, für $\cos i\frac{a}{k}$: $\cos h\frac{a}{k}$, für $\sin i\frac{a}{k}$: $i\sin h\frac{a}{k}$ zu substituiren.

Bezeichnen also A, B, C zugleich die Ecken und Winkeln eines auf einer Fläche constanter negativer Krümmung aus

Kürzesten gebildeten Dreiecks; a, b, c, die den gleichnamigen Ecken gegenüberliegenden Seiten, so ergeben die früheren Gleichungen:

$$\sin h\frac{a}{k} : \sin h\frac{b}{k} : \sin h\frac{c}{k} = \sin A : \sin B : \sin C \qquad (I)$$

$$\cos h\frac{a}{k} = \cos h\frac{b}{k}\cos h\frac{c}{k} - \sin h\frac{b}{k}\sin h\frac{c}{k}\cos A \qquad (II)$$

$$\sin h\frac{a}{k}\cos B = \cos h\frac{b}{k}\sin h\frac{c}{k} - \sin h\frac{b}{k}\cos h\frac{c}{k}\cos A \qquad (III)$$

$$\cos h\frac{b}{k}\sin A = \cos B\sin C + \sin B\cos C\cos h\frac{a}{k} \qquad (IV)$$

Aus der Gleichung II erhält man den Gaussischen und Neper'schen Analogien ganz entsprechende Formeln; man hat nur in den aus der sphärischen Trigonometrie gegebenen Gleichungen statt der aus den Seiten gebildeten sinus und cosinus zu setzen: sin h, cos h.

Diese Gleichungen bestätigen die oben gemachten Bemerkungen und zeigen überdies, dass ein solches Dreieck auch durch seine drei Winkel bestimmt ist.

II.

Um zu erfahren, welcher Satz für die Kürzesten dieser Flächen an Stelle des Parallelentheorems in der Ebene tritt, betrachte man das bei C rechtwinklige Dreieck $A\,B\,C$. Aus den obigen Gleichungen findet man:

$$\cot A = \cot h\frac{a}{k}\sin h\frac{b}{k},$$

rückt daher B nach $+\infty$ oder $-\infty$, so erhält A denselben numerischen Werth, der, wenn man den Winkel in dieser Grenzlage mit $\Pi(b)$ bezeichnet[1], durch die Gleichungen gegeben ist:

$$\cot\Pi(b) = \frac{1}{2}(e^{\frac{b}{k}} - e^{-\frac{b}{k}}) \quad \text{oder} \quad \cot\frac{1}{2}\Pi(b) = e^{\frac{b}{k}}.$$

[1] Lobatsceffsky, Theorie der Parallellinien.

Nimmt A den Werth 90° an, so muss $\cot h \frac{a}{k} = 0$ oder $e^{\frac{2a}{k}} = -1$, d. h. a imaginär sein; es existirt also in diesem Falle kein reeller Durchschnittspunkt.

Für $A = \Pi(b) + \alpha$ wird:

$$\frac{\cot \Pi(b) \cot \alpha - 1}{\cot \Pi(b) + \cot \alpha} = \cot h \frac{a}{k} \cot \Pi(b);$$

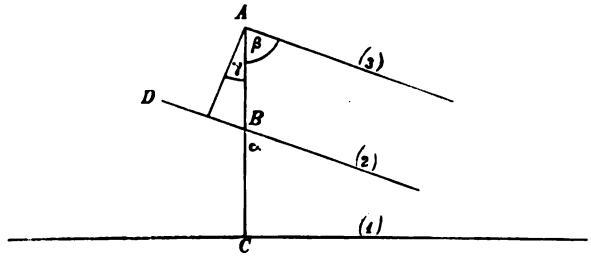
ist nun $\alpha < 90 - \Pi(b)$, so ist $\cot h \frac{a}{k} < 1$ und negativ, daher a imaginär.

Aus diesen Betrachtungen geht somit hervor:

Fällt man von einem Punkt auf eine gegebene Kürzeste eine Senkrechte, so gibt es auf jeder Seite dieser Senkrechten eine Kürzeste, die sich der gegebenen asymptotisch nähert. Jede Kürzeste, die innerhalb des von den beiden Asymptoten gebildeten Winkels gezogen wird, schneidet die gegebene, jede ganz ausserhalb dieses Winkels liegende schneidet sie nicht.

Aus dem Begriff zweier paralleler Kürzesten folgt, dass sie auch in allen ihren Punkten parallel sind. Ferner sind zwei Kürzeste, die einer dritten parallel sind, auch unter einander parallel.

Fig. 2.



Es sei (1) // (2), (1) // (3) und $ABC \perp$ (1), $BC = a$, $AB = b$. Fällt man $AD \perp$ (2), so wird, weil der Parallelwinkel grösser als $\beta = \Pi(a + b)$ sein muss, $\alpha = \Pi(a)$ ein Winkel des entstandenen Dreiecks ABD sein.

Setzt man $AD = c, \sphericalangle BAD = \gamma$, so ist

$$\sin\gamma = \frac{\cos\alpha}{\cos h\frac{c}{k}} = \frac{\sin h\frac{a}{k}}{\cos h\frac{a}{k}\cos h\frac{c}{k}}:$$

$$\cos\gamma = \frac{\sin\alpha\cos h\frac{b}{k}}{\cos h\frac{c}{k}} = \frac{\cos h\frac{b}{k}}{\cos h\frac{a}{k}\cos h\frac{c}{k}},$$

daher

$$\sin(\beta+\gamma) = \frac{\sin h\frac{a}{k}\sin h\frac{a+b}{k} + \cos h\frac{b}{k}}{\cos h\frac{a}{k}\cos h\frac{c}{k}\cos h\frac{a+b}{k}} =$$

$$= \frac{\cos h\frac{a}{k}\left(\cos h\frac{a}{k}\cos h\frac{b}{k} + \sin h\frac{a}{k}\sin h\frac{b}{k}\right)}{\cos h\frac{a}{k}\cos h\frac{c}{k}\cos b\frac{a+b}{k}} = \frac{1}{\cos h\frac{c}{k}}$$

also

$$\beta+\gamma = \Pi(c) \quad \text{w. z. b. w.}$$

III.

Ich will nun die Fig. betrachten, die analog dem Kreise der Euklid'schen Planimetrie gebildet wird. Zieht man in derselben von einem Punkte der Peripherie aus zwei Sehnen, so gehen die Senkrechten, die man in ihren Mittelpunkten errichtet, nothwendigerweise durch das Centrum. Es lässt sich aber nicht durch je drei Punkte ein solcher Kreis legen. Denn der Mittelpunkt muss der Durchschnittspunkt der in den Halbirungspunkten zweier Verbindungslinien errichteten Senkrechten sein; diese Senkrechten aber werden bei gewissen Lagen der gegebenen Punkte parallele oder nichtschneidende sein. Die Bedingungen, unter denen diese Fälle eintreten, ergeben sich aus der Formel, welche die Grösse des Radius durch die drei Seiten ausdrückt.

Es seien A, B, C drei Punkte; a, b, c die diesen Punkten als Ecken eines Dreiecks gegenüberliegenden Seiten.

Wäre das Dreieck ein planimetrisches, so hätte man $r = \frac{abc}{f}$, wo $f = \sqrt{s(s-a)(s-b)(s-c)}$ ist. Diesen Satz gewinnt man durch eine einfache geometrische Betrachtung. Man muss ihn aber auch, wenn man 2α, 2β, 2γ die a, b, c zugehörigen Centriwinkel sind, als Resultat der Elimination von α, β, γ, aus den vier Gleichungen:

$$\frac{1}{2}a = r\sin\alpha; \quad \frac{1}{2}b = r\sin\beta; \quad \frac{1}{2}c = r\sin\gamma; \quad \alpha+\beta+\gamma = 180°$$

erhalten. Sind nun 2α, 2β, 2γ die Centriwinkel über den Seiten des vorliegenden Dreiecks, so ergeben sich zur Bestimmung von r ebenfalls vier Gleichungen, die aus den planimetrischen hervorgehen, wenn man an Stelle von $\frac{1}{2}a, \frac{1}{2}b, \frac{1}{2}c$, r setzt:

$$\sin h\frac{a}{2k}, \quad \sin h\frac{b}{2k}, \quad \sin h\frac{c}{2k}, \quad \sin h\frac{c}{2k}, \quad \sin h\frac{r}{k}.$$

Da nun die Grössen $\left(\frac{1}{2}a\right), \left(\frac{1}{2}b\right), \left(\frac{1}{2}c\right), (r)$ während der ganzen Elimination festgehalten und gleichsam als Symbole für ihre hyperbolischen Sinuse betrachtet werden können, so ergibt sich die gewünschte Formel durch blosse Substitution aus der planimetrischen; man erhält:

$$\sin h\frac{r}{k} = \frac{2\sin h\frac{a}{2k}\sin h\frac{b}{2k}\sin h\frac{c}{2k}}{f}$$

wo

$$f^2 = \left(\sin h\frac{a}{2k}+\sin h\frac{b}{2k}+\sin h\frac{c}{2k}\right)\left(-\sin h\frac{a}{2k}+\sin h\frac{b}{2k}+\sin h\frac{c}{2k}\right)$$
$$\left(\sin h\frac{a}{2k}-\sin h\frac{b}{2k}+\sin h\frac{c}{2k}\right)\left(\sin h\frac{a}{2k}+\sin h\frac{b}{2k}-\sin h\frac{c}{2k}\right)$$

Ist nun $a > b > c$, so wird das Centrum ein endlicher, unendlich ferner Punkt oder existirt gar nicht, je nachdem

$$\sin h\frac{b}{2k}+\sin h\frac{c}{2k} \gtreqless \sin h\frac{a}{2k}$$

IV.

Um die Fläche eines Dreiecks zu berechnen, sehe man die eine Ecke, z. B. A, als Ursprung eines Polar-Coordinaten-Systems und die Seite AB als X-Axe an.

Sind dann p und v die Coordinaten der Punkte der Seite BC, so ist

$$F = \int_0^A \int_0^p \sin h \frac{p}{k} \, dp \, dv = k^2 \left[\int_0^A \cos h \frac{p}{k} \, dv - \int_0^A dv \right].$$

Da nun $\cos h \frac{p}{k} = \frac{dm}{dp} = -\frac{d\vartheta}{dv}$ ist, so ist

$$F = k^2 \left[\int_{\pi-B}^{C} -d\vartheta - \int_0^A dv \right] = k^2 (\pi - A - B - C).$$

Da die Fläche stets einen positiven Werth haben muss, so folgt aus dieser Formel, dass die Winkelsumme eines solchen Dreiecks < 180 ist.

Aus der vorhergehenden Formel ergibt sich auch, dass die Fläche, welche von einer Kürzesten und ihren beiden Parallelen begrenzt wird, gleich ist

$$k^2 (\pi - 2\Pi)$$

wo Π den Winkel des Parallelismus bedeutet.

Für die Fläche eines n-Ecks erhält man:

$$k^2 \{(n-2)\pi - W\}$$

wo W die Winkelsumme des Polygons ist.

Für den Bogen s, der einem Centriwinkel φ eines geodätischen Kreises vom Radius r angehört, findet man

$$s = \int_0^\varphi m \, dv = k\varphi \sin h \frac{r}{k}.$$

Hat man daher zwei concentrische Kreise mit den Radien r und r', so werden sich die demselben Centriwinkel zugehörigen Bögen s und s' verhalten:

$$\frac{s}{s'} = \frac{\sin h \frac{r}{k}}{\sin h \frac{r'}{k}}.$$

Ist nun $r - r' = x$, so wird, wenn der Mittelpunkt ins Unendliche rückt, d. h. die beiden Kreise in concentrische Grenzlinien übergehen:

$$\frac{s}{s'} = e^{\frac{x}{k}}\,^{1}.$$

Aus $s = k\varphi \sin h \frac{r}{k}$ erhält man für den Umfang eines geodätischen Kreises:

$$2k\pi \sin h \frac{r}{k}.$$

Für die Grösse des Kreissectors ergibt sich:

$$S = \int_0^{\varphi}\int_0^{r} m\,dv\,d\varphi = k^2\varphi\left(\cos h \frac{r}{k} - 1\right) = 2k^2\varphi\left(\sin h \frac{r}{2k}\right)^2.$$

Daraus findet man den Flächeninhalt eines Kreises gleich

$$4k^2\pi\left(\sin h \frac{r}{2k}\right)^2.$$

V.

Die bisher gewonnenen Resultate fordern zu einigen Folgerungen und Vergleichungen auf.

Die Formel für das Linienelement dieser Flächen ist identisch mit der in den analogen Coordinaten ausgedrückten für das Linienelement der Ebene in der Nicht Euklid'schen Geometrie. Es muss deshalb die Geometrie auf den Flächen constanter negativer Krümmung identisch sein mit der Nicht-Euklid'schen Planimetrie. Dies bestätigen auch die entwickelten Sätze.

---

[1] Diese Formel hat bekanntlich in der Nicht-Euklid'schen Geometrie fundamentale Wichtigkeit.

Die Flächen constanter negativer Krümmung haben mit der Ebene die beiden Eigenschaften gemeinsam, dass sie in allen ihren Theilen congruent und dass die Kürzesten durch je zwei Punkte vollständig bestimmt sind. Daraus folgt, dass alle Bemühungen, das Parallelitheorem auf diese beiden Voraussetzungen zurückzuführen, nothwendig scheitern mussten.

Durch die angegebenen Bedingungen ist also eine Fläche des Euklid'schen Raumes nicht bestimmt, denn sie kann eine verschwindender oder constanter negativer Krümmung sein. Die einfachste zur vollständigen Charakterisirung beizufügende Voraussetzung bestände in der Annahme entweder des Krümmungsmasses (ob 0 oder positiv) oder eines der beiden Sätze: Auf der Fläche gibt es durch einen Punkt zu einer Kürzesten eine $\left(\begin{matrix}\text{mehrere}\\ \text{einzige}\end{matrix}\right)$ Nichtschneidende. Die Gültigkeit eines dieser beiden letzten Sätze für eine Kürzeste und einen von ihr nicht unendlich entfernten Punkt zieht übrigens schon die allgemeine Gültigkeit des Satzes für jeden Punkt und jede Kürzeste einer Fläche constanter Krümmung nach sich.

Ein Merkmal der Flächen constanter negativer Krümmung ist auch der Satz, dass sich nicht durch je drei Punkte ein Kreis legen lässt[1]. Denn liesse sich durch je drei Punkte ein Kreis beschreiben, so könnten zwei Kürzeste, auf welche sich von einem Punkte zwei nicht zusammenfallende Senkrechte fällen liessen, als die Mittelsenkrechten eines Dreiecks betrachtet werden und müssten sich also im Mittelpunkte des vorausgesetzten Kreises schneiden. Es wären somit nur die Kürzesten, die auf einer Dritten zugleich senkrecht stehen, die einzigen Nichtschneidenden.

Zu interessanten Folgerungen führt auch die Formel für den Flächeninhalt eines Dreiecks:

$$F = k^2(\pi - A - B - C).$$

Ist in einem einzigen endlichen Dreiecke die Winkelsumme gleich 180°, so müsste $k = \infty$, d. h. die Fläche von der Krüm-

[1] Frischauf: Absolute Geometrie nach Bolyai p. 91.

mung 0 sein. Dann müsste aber für jedes endliche Dreieck der zweite Factor 0, d. h. die Winkelsumme 180° sein; überdies wird für $k=\infty$ auch cot $\Pi(p)=0$, also $\Pi(p)=90°$. Ist ferner in einem einzigen endlichen Dreiecke die Winkelsumme $>180°$, so muss die Krümmung der Fläche positiv und die Winkelsumme eines jeden Dreiecks $>180°$ sein.

Je nachdem also die Winkelsumme eines einzigen auf einer in sich congruenten Fläche gelegenen Dreiecks $\begin{matrix}<\\=\\>\end{matrix}$ 180° ist, ist die Winkelsumme eines jeden Dreiecks $\begin{matrix}<\\=\\>\end{matrix}$ 180° und die Krümmung der Fläche constant $\begin{matrix}\text{negativ}\\ \text{o.}\\ \text{positiv.}\end{matrix}$

Diese Sätze enthalten eine Erweiterung und Berichtigung der zweiten Untersuchung Legendre's über das Parallel-theorem.

V.

Für viele Untersuchungen ist es weit zweckmässiger, statt des bisher benützten Polarcoordinaten-Systems sich eines anderen, dem Cartesianischen der Ebene ähnlichen, Systems zu bedienen. Betrachtet man jeden Punkt als den Durchschnitt zweier Kürzesten, die auf zwei sich schneidenden Fixen, den Axen, senkrecht stehen, so bestimmen die Stücke, welche die vom Punkte auf die Axen gefällten Senkrechten von diesen abschneiden, unzweideutig den Punkt.

Die Entwicklungen vereinfachen sich jedoch gewöhnlich ungemein und gestalten sich übersichtlicher, wenn man nicht diese Stücke selbst, sondern die hyp. tan. ihres Verhältnisses zu k als Coordinaten nimmt.[1] Sind also x, y diese Coordinaten und a, b die Stücke, welche durch die vom Punkte auf die Axen gefällten Senkrechten abgeschnitten werden, so ist

$$x = \tan h\frac{a}{k}, \quad y = \tan h\frac{b}{k}.$$

Ist keine der beiden Coordinaten >1, so stellen sie einen wirklichen Punkt der Fläche fest. Erfüllen sie diese Bedingung

[1] Gudermann benützte analoge Coordinaten für die Sphärik.

nicht mehr, so ist kein ihnen entsprechender Punkt auf der Fläche vorhanden. Wären aber die Coordinaten auch in diesem Falle construirbar, so stellten sie einen und nur einen Punkt der Fläche fest. Aus diesem Grunde soll auch für diesen Fall angenommen werden, dass die Coordinaten einen Punkt feststellen, der aber nicht existirt, sondern nur im Zusammenhang mit der Fläche gedacht wird und deshalb ein idealer Punkt der Fläche heisst. Diese Begriffserweiterung ist ganz im Sinne der formalen Arithmetik vollzogen und kann ebenso wenig zu unrichtigen Resultaten führen, als die dort verallgemeinerten Operationsbegriffe.

Da für die meisten Untersuchungen rechtwinklige Coordinatensysteme am dienlichsten sind, so beschränke ich mich auf diese.

1. Coordinaten-Transformation.

Es seien xy die Coordinaten eines Punktes, r tan. hyp. des Verhältnisses des Radius vector zu k, und ω die Amplitude desselben Punktes, so bestehen zur gegenseitigen Verwandlung der xy und Polarcoordinaten die Relationen:

$$x = r \cos \omega$$
$$y = r \sin \omega .$$

Haben die beiden Coordinatensysteme XOY und $X'OY'$ den Ursprung gemeinsam und ist α der Neigungswinkel der beiden X-Axen, so hängen die Coordinaten xy und $x'y'$ eines und desselben Punktes durch die Gleichungen zusammen:

$$x = x' \cos \alpha - y' \sin \alpha$$
$$y = y' \cos \alpha + x' \sin \alpha .$$

Verrückt man den Coordinaten-Anfangspunkt in der einen, z. B. X-Axe, nach O, so fälle man, um die Beziehungen zwischen xy und $x'y'$ desselben Punktes zu finden, von diesem Punkte P: $PM \perp OX$, $PN \perp OY$, $PQ \perp OY$, dann ist, wenn XOP mit α bezeichnet wird:

$$\tan h \frac{PM}{k} = \tan h \frac{OP}{k} \sin \alpha . \cos h \frac{OM}{k}$$

daher

$$\tan h \frac{PM}{k} = \tan h \frac{ON}{k} \cos h \frac{OM}{k} = \tan h \frac{O'Q}{k} \cos h \frac{O'M}{k} .$$

Ist nun $OO' = a$, so folgt aus $OM = a + O'M$:

$$x = \frac{\sin h\frac{a}{k} + x' \cos h\frac{a}{k}}{\cos h\frac{a}{k} + x' \sin h\frac{a}{k}} \text{ und } y = \frac{y'}{\cos h\frac{a}{k} + x' \sin h\frac{a}{k}}.$$

Im allgemeinsten Falle sind auch die Anfangspunkte der beiden aufeinander zu beziehenden rechtwinkligen Coordinatensysteme verschieden. Die Lage der neuen Axen gegen die ursprünglichen wird vollkommen bestimmt sein, wenn man die Länge der die beiden Anfangspunkte O und O' Verbindenden und die Neigung zweier Axen, z. B. der beiden X-Axen kennt. Es sei $e = \frac{OO'}{k}$, $\sphericalangle XOO' = \alpha$ und das Supplement des Winkels $X'O'O = \beta$. In O und O' nehme man noch rechtwinklige Coordinaten-Systeme an, deren X-Axen in dieselbe und zwar in die Richtung OO' fallen. Sind dann xy die ursprünglichen, $x'y'$ die neuen, $\xi\eta$ und $\xi'\eta'$ die Coordinaten bezüglich der Hilfssysteme in O und O', so findet man:

$$x = \xi\cos\alpha - \eta\sin\alpha \qquad y = \xi\sin\alpha + \eta\cos\alpha$$

$$\xi = \frac{\sin he + \xi'\cos he}{\cos he + \xi'\sin he} \qquad y = \frac{y'}{\cos be + \xi'\sin he}$$

$$\xi' = x'\cos\beta + y'\sin\beta \qquad \eta' = -x'\sin\beta + y'\cos\beta$$

und daraus

$$x = \frac{\sin he\cos\alpha + (\cos he\cos\alpha\cos\beta + \sin\alpha\sin\beta)x' + (\cos he\cos\alpha\sin\beta - \sin\alpha\cos\beta)y'}{\cos he + \sin he\cos\beta x' + \sin he\sin\beta y'}$$

$$y = \frac{\sin he\sin\alpha + (\cos he\sin\alpha\sin\beta + \cos\alpha\cos\beta)y' + (\cos he\sin\alpha\cos\beta - \cos\alpha\sin\beta)x'}{\cos he + \sin he\sin\beta y' + \sin he\cos\beta x'}.$$

2. Führt man in die Polargleichung der Kürzesten:

$$\tan h\frac{r}{k}\sin v\cot\vartheta_0=\sin h\frac{r_0}{k}-\tan h\frac{r}{k}\cos v\cos h\frac{r_0}{k},$$

wo ϑ_0 der Winkel der Kürzesten mit der Abscissen-Axe und p_0 die Abscisse des Punktes $v=o$ ist, die xy Coordinaten ein, so erhält man:

$$\frac{y}{\sin h\frac{p_0}{k}\tan\vartheta_0}+\frac{x}{\tan\frac{p_0}{k}}=1.$$

Sind daher a und b die Coordinaten der Durchschnittspunkte der Kürzesten bezüglich mit der X- und Y-Axe, so erhält die Gleichung die Form:

$$\frac{x}{a}+\frac{y}{b}=1.$$

Geht die Kürzeste durch den Coordinaten-Anfang, so ist ihre Gleichung nicht mehr in dieser Form darstellbar; bezeichnet dann α den Winkel, welchen dieselbe mit der X-Axe bildet, so ist ihre Gleichung:

$$y=Ax$$

wo $A=\tan\alpha$ ist.

Die Gleichung der Kürzesten ist somit für diese Coordinaten linear und umgekehrt stellt jede lineare Gleichung dieser Coordinaten eine Kürzeste dar.

Um den Abstand zweier Punkte x_0y_0 und xy zu berechnen, verbinde man dieselben mit dem Coordinaten-Anfang O. Die Radienvectoren seien r_0, r, die Anomalien ω_0, ω, wo $\omega>\omega_0$ ist. Bezeichnet man den Abstand mit d, so ist

$$\cos h\frac{d}{k}=\cos h\frac{r_0}{k}\cos h\frac{r}{k}-\sin h\frac{r_0}{k}\sin h\frac{r}{k}\cos(\omega-\omega_0)$$

woraus man, wenn für $\tan h\frac{d}{k}$ kurz d gesetzt wird, findet:

$$d=\frac{\sqrt{(x-x_0)^2-(xy_0-yx_0)^2+(y-y_0)^2}}{1-xx_0-yy_0}.$$

Dieser Ausdruck für d wird nur dann imaginär, wenn — wie man sich leicht überzeugt — der Fusspunkt der Senkrechten, die vom Coordinatenanfang auf die durch xy und x_0y_0 gehende Kürzeste gefällt wird, ein idealer ist, sobald also die ganze Linie im idealen Flächenstück liegt. Sieht man den einen Punkt z. B. xy als beweglich an, so stellt die Gleichung einen Kreis dar. Ist der Radius des Kreises ein ungerades Vielfache vom $\frac{ik\pi}{2}$, so wird $d = \infty$, somit

$$1 - xx_0 - yy_0 = 0.$$

Es ist also jede Kürzeste als ein Kreis zu betrachten.

Von den scheinbar unendlich vielen Mittelpunkten und Radien einer Kürzesten reduciren sich alle, da der Umfang eines Kreises, dessen Radius ein ungerades Vielfache von $\frac{ik\pi}{2}$ ist, stets die Grösse $2ik\pi$ besitzt, auf zwei. Die Entfernung der beiden Mittelpunkte von irgend einem Punkte der Kürzesten, also auch die Grösse der Radien, ist bezüglich $\frac{ik\pi}{2}$ und $-\frac{ik\pi}{2}$.

Hieraus erhält man die zur Interpretation von Formeln für die Geometrie auf diesen Flächen äusserst wichtigen Resultate:

1. Jede Kürzeste wird durch ihre ideale Strecke zu einem Kreise ergänzt.

2. Zwei Kürzeste schneiden sich stets in zwei Punkten, deren einer immer ein idealer ist. Die Entfernung derselben ist $ik\pi$.

In der Folge soll ein solches Punktepaar immer als ein einziger Punkt aufgefasst werden. Unter einem reellen Punkte soll also ein reeller Punkt sammt seinem diametralen idealen und unter einem idealen zwei ideale Gegenpunkte verstanden werden.

Den Winkel, welchen zwei Kürzeste:

$$ax + by + c = 0 \text{ und } a'x + b'y + c' = 0$$

mit einander bilden, findet man durch die Berechnung der beiden Theile, in welche derselbe durch eine Coordinate des Durchschnittspunktes zerlegt wird[1]. Man erhält:

[1] Auch nach Gauss l. c. 17.

$$\tan\omega = \frac{\sqrt{(ab'-a'b)^2-(ac'-a'c)^2-(bc'-cb')^2}}{aa'+bb'-cc'};$$

$$\sin\omega = \frac{\sqrt{(ab'-a'b)^2-(ac'-a'c)^2-(bc'-b'c)^2}}{(a^2+b^2-c^2)\,(a'^2+b'^2-c'^2)}.$$

Die Wurzel bleibt stets reell. Der berechnete Werth von ω kann bei Nichtschneidenden als Definition ihrer Neigung betrachtet werden.

Sollen daher zwei Kürzeste aufeinander senkrecht stehen, so besteht zwischen ihren Constanten die Gleichung:

$$aa'+bb'-cc'=0.$$

Die Gleichung einer Kürzesten, die durch einen gegebenen Punkt x_0y_0 gehen und auf einer anderen $ax+by+c=0$ senkrecht stehen soll, ist daher:

$$y-y_0=\frac{y_0c+b}{x_0c+a}(x-x_0).$$

Wie aus der Gleichung, welche die Bedingung für das Senkrechtstehen zweier Kürzesten enthält, hervorgeht, kann man immer eine Kürzeste finden, die auf zwei gegebenen

$$ax+by+c=0 \text{ und } a'x+b'y+c'=0$$

zugleich senkrecht steht. Denn sind a_1, b_1, c_1 die Constanten der gesuchten Kürzesten, so sind sie durch die beiden Bedingungs-Gleichungen bestimmt:

$$aa_1+bb_1-cc_1=0$$
$$a'a_1+b'b_1-c'c_1=0;$$

Dividirt man jede dieser Gleichungen durch $(-c_1)$, so sind die dadurch erhaltenen identisch mit denen zur Bestimmung des Durchschnittspunktes x_0y_0 der beiden Kürzesten; und zwar ist

$$-\frac{a_1}{c_1}=x_0,\quad -\frac{b_1}{c_1}=y_0.$$

Berücksichtigt man, dass $-\frac{c_1}{a_1}$ und $-\frac{c_1}{b_1}$ die Coordinaten des Durchschnittpunktes der gesuchten Kürzesten bezüglich mit der X- und -Axe sind, so ergeben sich daraus:

1. Die auf zwei Nichtschneidenden zugleich senkrecht stehende Kürzeste ist reell, die auf zwei Schneidenden ideal.

2. Alle Kürzesten, die durch denselben Punkt gehen, stehen auf ein und derselben Kürzesten senkrecht. Diese Kürzeste ist eine ideale, wenn der Vereinigungspunkt ein reeller, eine reelle, wenn derselbe ein idealer ist.[1]

3. Jede Gleichung $f(xy)=0$ zwischen den Coordinaten x und y wird eine Curve auf der Fläche darstellen und es lassen sich diese Curven mit Rücksicht auf ihre Gleichungen in dieselben Classen, wie die ebenen theilen.[2]

Das Linienelement einer Curve in diesen Coordinaten erhält man durch Transformation des in Polarcoordinaten gegebenen:

$$ds^2 = dp^2 + m^2 dv^2.$$

Aus

$$x = \tan h \frac{p}{k} \cos v \text{ und } y = \tan h \frac{y}{k} \sin v$$

findet man:

$$ds^2 = k^2 \frac{dy^2 - (ydx - xdy)^2 + dx^2}{(1 - x^2 - y^2)^2}$$

$$= k^2 \frac{(1 - x^2)\, dy^2 + 2xy\, dydx + (1 - y^2)\, dx^2}{(1 - x^2 - y^2)^2}.$$

Um das Flächenelement df zu berechnen, fälle man vom Punkte $P=(xy)$ die beiden Senkrechten auf die Coordinaten-Axen, ebenso von $Q=(x+dx, y+dy)$. Verlängert man dann die von P gefällten Senkrechten, bis sie die von Q in M und N schneiden, so kann man $MNPQ$ wegen der unendlichen Kleinheit der Seiten als ein Parallelogramm ansehen und es ist deshalb, wenn $\sphericalangle MPN = \alpha$ gesetzt wird,

$$df = PM \,.\, PN \sin \alpha.$$

---

[1] Es ist also die Linie kürzesten Abstandes in der Nicht-Euklid'schen Geometrie ein Kreis mit idealem Centrum.

[2] Jede solche Curve besteht aus zwei Ästen; jeder derselben ist aus den Gegenpunkten des anderen gebildet.

Berücksichtigt man nun, dass PM und PN die Linienelemente von gegebenen Kürzesten sind, so erhält man durch die Formel für das Linienelement:

$$df = k^2 dx dy \frac{\sqrt{(1-x^2)(1-y^2)}}{(1-x^2-y^2)^2} \sin\alpha .$$

Für $\sin\alpha$, als den Neigungswinkel zweier gegebener Kürzesten, hat man nach dem früheren

$$\sin\alpha = \frac{\sqrt{1-x^2-y^2}}{(1-x^2)(1-y^2)}$$

also ist

$$df = k^2 \frac{dx dy}{(1-x^2-y^2)^{3/2}}.$$

Aus der Art, wie in der analytischen Geometrie die Begriffe der Berührung eingeführt werden, geht hervor, dass dieselben sich unmittelbar übertragen lassen. Es wird also die Gleichung einer Kürzesten, die mit einer Curve $f(x, y) = 0$ eine Berührung erster Ordnung im Punkte xy eingeht, sein:

$$\eta - y = \frac{dy}{dx}(\xi - x)$$

Aus dieser Gleichung erhält man jene für die Normale:

$$\eta\left(\frac{dy}{dx} - x^2\frac{dy}{dx} + xy\right) + \xi\left(1 + xy\frac{dy}{dx} - y^2\right) = x + y\frac{dy}{dx}.$$

Um die Gleichung für den Krümmungskreis zu finden, hat man, wenn r den Radius und $x_0 y_0$ die Coordinaten des Mittelpunktes bezeichnen, zur Bestimmung dieser drei Grössen die drei Gleichungen:

$$r = \frac{\sqrt{(x-x_0)^2 - (yx_0 - xy_0)^2 + (y-y_0)^2}}{1 - xx_0 - yy_0}$$

$$x_0\left(1 + xy\frac{dy}{dx} - y^2\right) + y_0\left(\frac{dy}{dx} + \frac{dy}{dx}x^2 - xy\right) = x + y\frac{dy}{dx}$$

$$x_0\left(xy\frac{d^2y}{dx^2}+x\left[\frac{dy}{dx}\right]^2-y\frac{dy}{dx}\right)+$$

$$+y_0\left(\frac{d^2y}{dx^2}-x^2\frac{dy}{dx^2}-x\frac{dy}{dx}+y\right)=1+\left[\frac{dy}{dx}\right]^2+y\frac{d^2y}{dx^2}.$$

Wie man sieht, ist die zweite Gleichung die Gleichung der Normale an die Curve in xy und daher die dritte, weil sie durch Differentiation der zweiten entsteht, die der Normale im unendlich nahen Punkt. Es ist also das Centrum des Berührungskreises, der Durchschnitt zweier unendlich naher Normalen der Curve. Aus diesen Gleichungen findet man:

$$x_0-x=-\frac{v(y'-y'x^2+xy)}{v(y-y'x)+y''w};$$

$$y_0-y=\frac{v(1-y^2+y'xy)}{v(y-y'x)+y''w}$$

$$r=\frac{\left(\frac{v}{w}\right)^{3/2}}{\frac{d^2y}{dx^2}}$$

wo $v=1+y'^2-(y-y'x)^2$ und $w=1-x^2-y^2$ ist.

Anmerkung. Zur Untersuchung der Linien zweiter Ordnung auf diesem Wege mögen die folgenden Andeutungen dienen.

Die allgemeine Gleichung der Linien zweiter Ordnung ist:

$$ay^2+2bxy+cx^2+2dy+2ex+f=0.$$

Um diese Gleichung zu discutiren, verfährt man ähnlich wie in der Planimetrie. Man sucht zuerst einen neuen Coordinaten-Anfangspunkt, für welchen die Coëfficienten von x und y zu Null werden. Dies geschieht, indem man für die ursprünglichen Coordinaten nach der allgemeinen Transformationsformel die Ausdrücke:

$$\frac{m+nx+py}{q+rx+sy}$$

und

$$\frac{m'+n'x+p'y}{q+rx+sy},$$

in denen $m, n, p, q, r, s, m', n', p'$ abgekürzte Bezeichnungen sind, substituirt und die sich ergebenden Coëfficienten von x und y gleich Null setzt. Dadurch erhält man:

$$(am' + bm + dq)p' + (bm' + cn + eq)p + (dm' + em + f)s = 0$$
$$(am' + bm + dq)n' + (bm' + cn + eq)n + (dm' + em + f)r = 0.$$

Bezeichnet man nun mit t und u bezüglich die x- und y-Coordinaten des gesuchten Anfangspunktes, berücksichtigt ferner, dass $t = \frac{m}{q}$ und $u = \frac{m'}{q}$ ist, so ergeben die früheren Gleichungen:

$$\frac{bu + ct + e}{du + et + f} = -t$$

und

$$\frac{au + bt + d}{du + et + f} = -u.$$

Die Elimination der einen Grösse gibt zur Bestimmung der anderen eine Gleichung vom dritten Grad. Es existirt also stets ein reelles Werthepaar tu, d. h. die Curve besitzt — geometrisch gesprochen — immer einen Mittelpunkt. Es sind aber, wie sich leicht nachweisen lässt, alle Werthepaare reell. Denn die dem Pole $\xi\eta$ zugehörige Polare ist:

$$(a\eta + b\xi + d)y + (b\eta + c\xi + e)x + d\eta + e\xi + f = 0.$$

Sind daher $\xi\eta$ die Coordinaten des gefundenen Mittelpunktes, so ist diese Gleichung identisch mit

$$-\eta y - \xi x + 1 = 0.$$

Es ist also jeder Punkt der Polare vom Pol $\xi\eta$ um $\frac{ik\pi}{2}$ entfernt. Sucht man nun wieder auf der Polaren jenen Punkt xy, der von jedem seiner Polare um $\frac{ik\pi}{2}$ absteht, so ist dieser durch die beiden Gleichungen gegeben:

$$(ay + bx + d)\eta + (by + cx + e)\xi + dy + ex + f = 0$$
$$\eta y + \xi x - 1 = 0.$$

Es sind also die Coordinaten dieses Punktes zusammengehörige Werthe von t und u. Solcher Punkte gibt es nun auf jeder Polare zwei, und diese stehen selbst um $\frac{ik\pi}{2}$ von einander ab. Also besitzt jede Curve zweiten Grades drei Mittelpunkte (mit den Gegenpunkten sechs), von denen einer innerhalb, die beiden anderen ausserhalb der Curve liegen. Der innere kann füglich der elliptische, die beiden äusseren die hyperbolischen genannt werden, die Verbindungslinien der Mittelpunkte stehen auf einander senkrecht und bilden die elliptische Axe und die beiden hyperbolischen Axen.

Bezüglich des elliptischen Mittelpunktes nimmt die Gleichung der Curve die Form an:

$$\left(\frac{x}{a}\right)^2 + \left(\frac{y}{b}\right) = 1,$$

bezüglich jedes hyperbolischen:

$$\left(\frac{x}{a'}\right)^2 - \left(\frac{y}{b'}\right)^2 = 1$$

u. s. f.

Von den drei Mittelpunkten kann höchstens einer reell sein.

VII.

Leicht liessen sich blos mittelst der trigonometrischen Relationen die Fundamentalsätze der Projectivität ableiten. Man brauchte nur das Doppelverhältniss zwischen vier Punkten einer Kürzesten zu definiren und dann die Gleichheit dieses Doppelverhältnisses mit dem eines vierstrahligen Büschels zu zeigen, dessen vier Strahlen durch diese vier Punkte gehen. Obwol dieses Verfahren schneller zum gewünschten Ziele führt, so werde ich den Gedanken, welchen die durch die xy-Coordinaten gefundenen Resultate bieten: den Problemen auf der Fläche Probleme in der Ebene entsprechen zu lassen, entwickeln. Die Darstellung gewinnt hiedurch ungemein an Durchsichtigkeit.

Die vorhergehenden Entwicklungen ergaben die Resultate, dass

1. Jede Kürzeste durch eine lineare Gleichung zwischen den Coordinaten xy dargestellt wird und dass umgekehrt jede lineare Gleichung zwischen xy eine Kürzeste bestimmt.

2. Das Linienelement ds durch die Formel ausgedrückt wird:

$$ds^2 = k^2 \frac{(1-y^2)dx^2 + 2xydxdy + (1-x^2)dy^2}{(1-x^2-y^2)^2}$$

also

$$E = k^2 \frac{1-y^2}{(1-x^2-y^2)^2};$$

$$F = k^2 \frac{xy}{(1-x^2-y^2)^2};$$

$$G = k^2 \frac{1-x^2}{(1-x^2-y^2)^2}.$$

Man denke sich nun in irgend einem Punkt einer Ebene zwei aufeinander senkrecht stehende Axen gezogen, die man als X- und Y-Axe ansieht. Es wird dann jede Kürzeste der Fläche durch eine Gerade in der Ebene repräsentirt; jeder Axe auf der Fläche entspricht die gleichnamige in der Ebene; jeder Kürzesten $y = \text{Const}$ oder $x = \text{Const}$ entspricht in der Ebene eine Gerade derselben Gleichung. Da nun jeder Punkt der Fläche als der Durchschnitt zweier solcher Kürzesten festgestellt wird und zwei Kürzeste sich nur in einem Punkte schneiden, so entspricht jedem Punkte der Fläche ein bestimmter Punkt der Ebene mit denselben Coordinaten, und umgekehrt. Aber es entspricht nicht jedem Punkte der Ebene ein reeller der Fläche. Denn die Formeln für E, F, G geben nur dann reelle Werthe und das Quadrat $EG - F^2$ ist nur dann positiv und von 0 verschieden, so lange die xy innerhalb des Gebietes $x^2 + y^2 = 1$ liegen. Da $x^2 + y^2 = r^2$ auf der Fläche einen Kreis darstellt, dessen Mittelpunkt im Coordinatenanfang liegt und dessen Radius ρ zu r in der Beziehung $r = \tan h \frac{\rho}{k}$ steht, da ferner diesem geodätischen Kreise in der Ebene der Kreis $x^2 + y^2 = r^2$ entspricht, so findet also das ganze reelle Gebiet der Fläche seine Repräsentation in der Ebene innerhalb des Kreises $x^2 + y^2 = 1$. Den unendlich

fernen Punkten der Fläche entsprechen die Punkte auf der Peripherie des Kreises, den idealen die Punkte ausserhalb des Kreises. Es wird also die ganze reelle Strecke einer Kürzesten durch eine Sehne des Kreises repräsentirt; ihren beiden Unendlichkeitspunkten entsprechen die beiden Endpunkte der Sehne, ihren idealen die in der Verlängerung der Sehne liegenden. Schneiden sich zwei Kürzeste in einem reellen Punkte, so treffen die entsprechenden Geraden innerhalb, sind sie parallel auf der Peripherie, sind sie Nichtschneidende (d. h. schneiden sie sich in einem idealen Punkte) ausserhalb des Kreises zusammen. Jeder idealen Kürzesten entspricht eine ganz ausserhalb des Kreises liegende Gerade, und umgekehrt.

Gleiches gilt für Curven: In der Fläche und Ebene entsprechen sich gegenseitig gleichartige Curven, den Tangenten wieder Tangenten u. s. f.

Die Ausdrücke reeller, idealer Punkt und Curve sind in dem VI[2] festgesetzten Sinne zu nehmen.

VIII.

Sind $y - y_0 = a(x - x_0)$, $y - y_0 = b(x - x_0)$ die Gleichungen zweier sich in $x_0 y_0$ schneidender Kürzesten, also auch die Gleichungen der entsprechenden Geraden in der Ebene, so ist, wenn ω den Winkel der beiden Kürzesten bezeichnet:

$$\sin\omega = \frac{(a-b)\sqrt{1-x_0^2-y_0^2}}{\sqrt{[1+a^2-(y_0-ax_0)^2][1+b^2-(y_0-bx_0)^2]}}.$$

Ist nun ω' der Winkel, den die Geraden mit einander, sind α und β jene, welche dieselben mit der Abscissen-Axe bilden:

$$\sin\omega = \frac{\sin\omega'\sqrt{1-x_0^2-y_0^2}}{\sqrt{[1-(y_0\sin\alpha-x_0\cos\alpha)^2][1-(y_0\sin\beta-x_0\cos\beta)^2]}}.$$

Aus dieser Formel sollen blos die beiden wichtigsten Folgerungen gezogen werden.

Die Kürzesten, welche durch $x=0$, $y=0$ gehen, bilden unter einander dieselben Winkel, wie die ihnen entsprechenden Geraden, und umgekehrt.

Gehen durch einen Punkt $x_0 y_0$ der Fläche vier Kürzeste a, b, c, d, so gehen durch den zugehörigen $x_0 y_0$ der Ebene die entsprechenden Geraden a', b', c', d'. Bildet man nun die Verhältnisse

$$\frac{\sin ac}{\sin cb} : \frac{\sin a'c'}{\sin c'b'}$$

und

$$\frac{\sin ad}{\sin ab} : \frac{\sin a'd'}{\sin d'b'},$$

so ersieht man allsogleich, dass dieselben einander gleich sind. Man erhält:

$$\sin(abcd) = \sin(a'b'c'd').$$

Hat man auf der Fläche eine Strecke AB, sind ρ_0, ρ_1 die geodätischen Entfernungen dieser Punkte von $x=0$ $y=0$, ist μ der Winkel, den dieselben mit einander bilden, so ist

$$\cos h \frac{AB}{k} = \cos h \frac{\rho_0}{k} \cos h \frac{\rho_1}{k} - \sin h \frac{\rho_0}{k} \sin h \frac{\rho_1}{k} \cos \mu.$$

Sind nun r_0, r_1 die den ρ_0, ρ_1 entsprechenden Strecken in der Ebene, d. h. $r_0 = \tan h \frac{\rho_0}{k}$ und $r_1 = \tan h \frac{\rho_1}{k}$, so ist:

$$\cos h \frac{AB}{k} = \frac{1 - r_0 r_1 \cos \mu}{\sqrt{(1-r_0^2)(1-r_1^2)}}.$$

Bezeichnet nun $A'B'$ die AB entsprechende Strecke in der Ebene und ist p der Abstand der $A'B'$ vom Coordinaten-Anfang, so erhält man:

$$\sin h \frac{AB}{k} = A'B' \sqrt{\frac{1-p^2}{(1-r_0^2)(1-r_1^2)}}.$$

Daraus folgt, dass derselben Strecke auf einer Kürzesten, die um $x=0$, $y=0$ gedreht wird, immer eine der Grösse nach unveränderliche Strecke der Geraden entspricht, und umgekehrt.

Sind A, B, C, D irgend vier Punkte einer Kürzesten, A', B', C', D' die entsprechenden der zugehörigen Geraden, so werden die Verhältnisse:

$$\frac{\sin h \frac{AC}{k}}{\sin h \frac{CB}{k}} : \frac{A'C'}{C'B'}$$

und

$$\frac{\sin h \frac{AD}{k}}{\sin h \frac{DB}{k}} : \frac{A'D'}{D'B'},$$

wie man sogleich aus der Formel für $\sin h \frac{AB}{k}$ entnimmt, einander gleich sein. Diese Gleichheit findet immer statt, die Grössen p, r_0, r_1 mögen was immer für Werthe besitzen.

Nach bekannter Analogie soll das Doppelverhältniss

$$\frac{\sin h \frac{AC}{k}}{\sin h \frac{CB}{k}} : \frac{\sin h \frac{AD}{k}}{\sin h \frac{DB}{k}}$$

mit $\sin h\,(ABCD)$ bezeichnet und zwei Grundgebilde der ersten Stufe, deren Doppelverhältnisse gleich sind, sollen projectivisch genannt werden. Daraus folgt:

Sind einförmige Grundgebilde in der Ebene projectivisch, so sind es auch ihre entsprechenden auf der Fläche, und umgekehrt.

Da die Punkte der Ebene und Fläche sich eindeutig entsprechen, so sind die perspectivischen Grundgebilden der Ebene zugehörigen auf der Fläche ebenfalls perspectivisch, und umgekehrt.

Es gelten daher alle Sätze der Ebene über perspectivische Gebilde auch für diese Flächen. Ebenso bestehen auch die Sätze in der Ebene, welche auf blosser Lagenbeziehung projectivischer Gebilde (zwei projectivische Punktreihen auf derselben Geraden, zwei concentrische Büschel, Involution etc.) beruhen, für diese Flächen.

Die metrischen Relationen bedürfen ebenfalls, wie aus dem Folgenden hervorgehen wird, keiner besonderen Entwicklung, sondern können aus den bekannten der Ebene unmittelbar abgeleitet werden.

VIII.

Zwei projectivische Strahlenbüschel der Fläche besitzen ebenso wie die der Ebene zwei aufeinander senkrecht stehende

entsprechende Strahlenpaare. Denn denkt man sich die beiden Büscheln in den Punkt $x=o$, $y=o$ gebracht, so entsprechen ihnen dann in der Ebene zwei Büscheln, deren Strahlen dieselben Winkeln bilden, wie die zugehörigen Kürzesten. Da nun diese Büscheln in der Ebene zwei entsprechende rechte Winkeln besitzen, so müssen die diesen Winkeln zugehörigen in den Büscheln auf der Fläche ebenfalls rechte und entsprechende sein.

Es gelten daher alle metrischen Relationen über allgemeine projectivische Büscheln der Ebene auch für projectivische Büscheln auf diesen Flächen. Also die Relationen über harmonische Elemente, über Doppelstrahlen concentrischer Büscheln über involutorische Büscheln etc.

Anmerkung. Es ist bei den Strahlenbüscheln auf diesen Flächen zu beachten, dass jedes zwei Centren und für jedes dieser Centren entgegengesetzte Drehrichtung besitzt. Sind nun A und A', B und B' die Centren zweier projectivischer Büscheln, so werden sie für zwei, etwa A und B, daher auch für A' und B' gleichlaufend sein, dann sind sie für A und B', also auch für A' und B ungleichlaufend.

IX.

Nach I lässt sich jede Formel der Geometrie auf der Sphäre in eine für die Geometrie auf den Flächen constanter negativer Krümmung verwandeln. Es müssen sich also aus den metrischen Relationen für projectivische Hauptkreise die für die Kürzesten der Flächen ergeben. Für die projectivischen Hauptkreise kann man aber stets die Büscheln substituiren, deren Centren die Pole der Hauptkreise sind; es sind also auf der Kugel die metrischen Relationen projectivischer Hauptkreise identisch mit denen projectivischer Büscheln; die metrischen Relationen dieser sind wegen der Gleichheit der Winkeln identisch mit denen ihrer erzeugenden Ebenenbüschel und diese identisch mit denen der ebenen Strahlbüschel. Es lassen sich somit aus den Relationen projectivischer ebener Strahlbüschel die entsprechenden projectivischer Kürzesten nach (I) unmittelbar hinschreiben. So z. B. die Relationen über harmonische Elemente.

Da zwei projectivische Büscheln zwei entsprechende rechte Winkeln besitzen, so existiren auf jeder von zwei projectivischen

Kürzesten zwei Punkte S, T und S', T', die einander entsprechen, und deren Entfernung $ST = S'T' = \frac{ik\pi}{2}$ ist. Vermöge dieser Punkte lassen sich alle Relationen über projectivische Büscheln, die Doppelstrahlen concentrischer projectivischer Büscheln, involutorische Büscheln etc. nach I direct auf projectivische Kürzeste, projectivische Punktreihen auf derselben Kürzesten, involutorische Punktreihen etc. übertragen.

Anmerkung. Gleiches, wie für die Büscheln, gilt für die diametralen Hälften zweier projectivischer Kürzesten.

X.

Curven zweiten Grades.

Jeder Curve in der Ebene entspricht auf der Fläche eine Curve derselben Ordnung und Classe. Es entsprechen sich somit auf der Ebene und Fläche gegenseitig die Curven zweiten Grades. Daraus folgt, dass, wie in der Ebene, so auch auf der Fläche die Curven zweiter Ordnung und Classe identisch sind.

Da projectivischen Büscheln und Geraden der Ebene ebenfalls unter einander projectivische Büscheln und Kürzeste auf der Fläche entsprechen, so gelten alle Sätze über ebene Curven zweiten Grades, welche blos aus ihrer projectivischen Erzeugungsart abgeleitet werden, auch für die Curven zweiten Grades auf der Fläche.

Man hat also folgende Sätze:

Zwei projectivische Büscheln erzeugen, wenn sie nicht perspectivisch liegen, stets eine Curve zweiten Grades, die durch ihre Mittelpunkte geht. Die Strahlen, welche den in der Verbindungslinie der Centra vereinigten entsprechen, berühren die Curve in diesen Mittelpunkten, und umgekehrt.

Verbindet man die entsprechenden Punkte zweier projectivischer Kürzesten, die nicht perspectivisch liegen, so werden die beiden Kürzesten und alle Verbindungslinien von einer Curve zweiten Grades berührt; die Kürzesten selbst werden von der Curve in jenen Punkten berührt, die den im Durchschnitt vereinigten entsprechen.

Umgekehrt schneiden die Tangenten einer Curve zweiten Grades je zwei in projectivischen Punktreihen.

Die Vergleichung der zugehörigen Curve in der Ebene lehrt weiters, dass für die Curven auf der Fläche die Sätze von Pascal und Brianchon, sowie deren Folgesätze gelten und dass die Curven zweiten Grades auf diesen Flächen die allgemeinen Polareigenschaften der ebenen Kegelschnitte besitzen.

Die Curven zweiten Grades bestehen in ihrer Gesammtheit aus zwei getrennten Contouren. Von den vier Centren zweier erzeugenden projectivischen Büscheln liegen jene, für welche die Büscheln einstimmig verlaufende sind, stets auf demselben Contour; wie auch nur die ungleichlaufenden Hälften zweier projectivischer Kürzesten einen geschlossenen Contour einschliessen.

Aus diesen Resultaten geht hervor, dass die Methoden und der Gang zur Erforschung der Curven zweiten Grades auf diesen Flächen und der sphärischen Kegelschnitte aus ihrer projectivischen Erzeugungsart dieselben sein müssen.

So lassen sich aus den projectivischen Eigenschaften dieser Curven und des sphärischen Kegelschnitts mittelst der gleichen Methoden, die grösstentheils Verallgemeinerungen der planimetrischen sind, die Existenz dreier Mittelpunkte, dreier Axen, der Asymptoten, der Brennpunkte, die Constanz der Summe und Differenz der Leitstrahlen bezüglich dieser Brennpunkte nachweisen, ferner die Relationen zwischen den conjugirten Durchmessern und die Gleichungen der Curven für diese Durchmesser aufstellen. Da diese Methoden in der vor kurzem mir zugekommenen Schrift „der sphärische Kegelschnitt, Inaugural-Dissertation von Heinrich Vogt 1873“ zur Untersuchung des sphärischen Kegelschnittes im wesentlichen mir vorweggenommen sind, verzichte ich auf eine Wiedergabe meiner weiteren Arbeit, die so nur einer modificirten Reproduction der Abhandlung Vogt's ähnlich sähe.

Ein Bild von der Gestalt der reellen Theile dieser Curven gibt die Hilfsebene. Darnach sind sie bald geschlossene elliptische Figuren mit einem Mittelpunkt, bald zwei blosse, die convexen oder concaven Seiten einander zuwendende, unzusammen-

hängende Bögen mit oder ohne Mittelpunkt, bald zweiästige Curven etc.

Dass alle diese scheinbar gänzlich unvereinbaren Curven doch nur reelle Theile eines und desselben Gebildes sind, konnte nur durch Einführung des Begriffes der idealen Punkte klar werden.

Aus den gewonnenen Resultaten lässt sich — analog wie in der Ebene — die Lehre von der Collineation und Reciprocität leicht entwickeln. Ich bemerke noch, dass die Lehre vom Kreise in der Ebene, die Sätze über Ähnlichkeitspunkte, potenzhaltende Punkte etc. sowohl für die Kugel als die Flächen constanter negativer Krümmung leicht modificirbar, so dass das Apollonianische Problem auf alle Flächen constanter Krümmung übertragbar ist. Ebenso gelten sowohl für die Kugel als die Flächen constanter negativer Krümmung die Sätze des Menelaus und Ceva, somit auch alle Sätze über Dreiecks-Transversalen und — um nur bekanntere Viereckssätze anzuführen — der Bodenmiller'sche und Gauss'sche Satz.

Über einige neue Staubfiguren.

Von Dr. V. Dvořák.

(Mit 9 Holzschnitten.)

Unter den von Kundt beobachteten Staubfiguren[1] ist besonders die Häufchenfigur wegen einiger bei ihrem Entstehen auftretenden eigenthümlichen Erscheinungen auffallend. Sie entsteht, wenn die Länge der im Glasrohre ins Tönen versetzten Luftsäule ein Vielfaches von einer halben Wellenlänge des Tones ist, auf welchen der erregende Glasstab anspricht. Schon Kundt[2] sagt in seiner Auseinandersetzung über das Auftreten der Häufchenfigur unter anderem Folgendes: „dass die Stellen, zu denen sich der Staub hinbewegt, wirklich Knotenpunkte der tönenden Luftmasse bezeichnen, kann man nicht bezweifeln, wenn man sieht, wie während des Tönens der Staub von beiden Seiten sich zu den Knotenpunkten hinbewegt“. Dann weiter: „und wenn man auch beim allmäligen Ändern der Länge der Luftsäule die Figur mit den Löchern allmälig in die Staubpunkte übergehen sieht, so sieht man doch nicht klar ein, weshalb in dem einen Fall sich der Staub energisch zu den Knotenpunkten bewegt, während er im anderen nur zwischen zwei Knotenpunkten aufwirbelt, und diese Knotenpunkte selbst von einem zarten Staubring umgeben sind.“ Kundt erörtert dann weiter, dass es blos von der Stärke der Luftschwingungen abhängt, ob die Figur mit den Häufchen oder die Figur mit den Löchern auftritt. In der That wird die Luftbewegung um so stärker, je näher das Ende des tonerregenden Glasstabes zu einem Knoten heranrückt, und es können unter Um-

[1] Eine Erklärung der Entstehungsweise der Staubfiguren habe ich in den Sitzber. (1873, December) zu geben versucht.

[2] Pogg. Annal. CXXVII. p. 513.

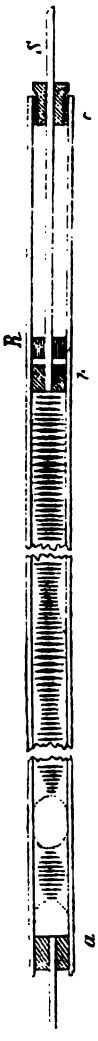


Fig. 1.

ständen die Luftschwingungen eine solche Heftigkeit erlangen, dass eigenthümliche Nebenwirkungen auftreten, die hier zugleich mit den anderen die Entstehung der Häufchenfigur begleitenden Erscheinungen näher beschrieben werden sollen.

Zuerst sieht man, dass sich die tönende Luftsäule auf ihrer ganzen Ausdehnung nicht überall gleich verhält. Dieses sieht man besonders dann sehr deutlich, wenn das übergeschobene Glasrohr sehr lang ist. Ich nahm z. B. eine 3 Mt. lange Glasröhre von 2 Ctm. Durchmesser, in welcher die Luft durch eine 90 Ctm. lange, 1 Ctm. dicke, am Ende mit einem Korke versehene Barometerröhre erregt wurde [1] (Fig. 1). Bei schwachem vorsichtigem Streichen bildete eingestreute Kieselsäure in der Nähe des tönenden Glasstabendes scharfe Rippen, die sich auf eine grosse Strecke gleichmässig ohne Unterbrechung erstreckten und die nur an den Knotenstellen etwas dichter lagen, als an den Bäuchen, so dass man nur bei aufmerksamer Betrachtung die Knoten und Bäuche herausfinden konnte. Je grösser die Entfernung vom tönenden Glasstabende war, desto feiner wurden die Rippen in den Knoten, bis sie zuletzt von den Knoten ganz verschwanden und die Löcherfigur zum Vorschein kam, deren Löcher mit wachsender Entfernung immer grösser wurden. Das Ganze erklärt sich dadurch, dass die vom tönenden Glasstabende ausgehende Schallwelle auf dem langen Wege bis zum Röhrenende und nach der Reflexion wieder zurück beträchtlich geschwächt wird, so dass in der Nähe

[1] Um die Luft im Raume *bc* von der Luftsäule *ab* abzusperren, kann der in der Glasröhre festsitzende Korkring *R*, der den Stab *S* ohne Reibung umfasst, dienen. Denn es kann, wie ich in den Sitzber. (1873) nachgewiesen habe, die Luft im Raume *bc* die Luftsäule *ab* störend beeinflussen. Da jedoch bei allen hier beschriebenen Versuchen der Kork bei *b* die Röhre fast ganz ausfüllte, so kann man bei denselben den Korkring ohne Schaden fortlassen. Auch den Kautschukring, der den Kork bei *c* umfasst, und die Übertragung der Schwingungen des tönenden Glasstabes auf die übergeschobene Röhre hindern soll, kann man entbehren.

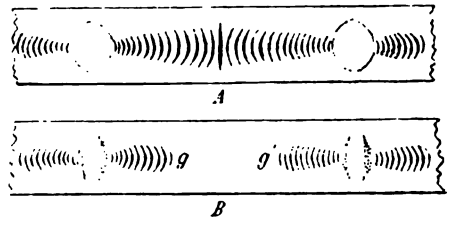
des tönenden Glasstabendes keine reine stehende Welle entstehen kann, sondern eine stehende Welle, über welche sich eine fortlaufende darüberlegt. Die Bewegung in den Knoten der stehenden Welle ist also nicht verschwindend.

Streicht man jedoch die schallerregende Röhre etwas stärker, so fangen die Rippen an, von *b* gegen *a* zu laufen, selbst bergauf, wenn das Ende *a* höher liegt, als *b*. Streicht man recht stark, so verschwinden die Rippen während des Tönens auf einer ziemlich grossen Strecke von *b* an, und man sieht blos eine rapide Bewegung der Kieselsäure von *b* weg gegen *a*; diese Bewegung ist bei *b* am schnellsten und nimmt von da gegen *a* allmälig ab. Nach einigen starken Strichen ist die Kieselsäure auf einer beträchtlichen Strecke von *b* an vollständig weggefegt, weiter gegen *a* sammelt sie sich in Häufchen unmittelbar vor den Knoten an der Grenze der Staubringe. Durch fortgesetztes Streichen gelangt fast alle Kieselsäure in die letzte Halbwelle bei *a*, und an einige Knotenstellen von *a*.

Dasselbe tritt ein, wenn die Röhre bei *a* offen ist; nur legen sich die Wellen immer so, dass bei *a* ein Bauch ist. Auch hier nimmt die Tendenz der Kieselsäure, sich gegen *a* zu bewegen, von *b* gegen *a* hin ab. Der meiste Staub bleibt demgemäss in der letzten Halbwelle und der vorletzten Viertelwelle liegen; bei jedem starken Strich entweicht er aber in kleinen Wolken aus der Röhre.

Diese Fortbewegung des Staubes von *b* gegen *a* tritt besonders bei kräftigen Tönen in nicht geringem Maasse auch bei kürzeren Röhren ein, besonders wenn der Ton recht kräftig ist. Man sieht überdies, dass sich der Staub viel schneller bewegt, wenn er den Bauch passirt, als wenn er über den Knoten geht. Ist der Staub leicht und der Ton kräftig, so bilden sich in der Nähe von *b* gar keine Häufchen, weil der Staub selbst von den Knoten weggefegt wird. Ist der Staub jedoch genug schwer und der Ton nicht zu stark, so ist diese

Fig. 2.



Fortbewegung des Staubes von *b* gegen *a* eine Hauptursache der Entstehung der Häufchenfigur, indem der schwere Staub bis zu dem nächsten Knoten hingeführt wird, wo er dann liegen bleibt. Doch ist meistens in den letzten Halbwellen bei *a* die Häufchenfigur nicht rein, sondern es befindet sich auch Staub ausserhalb des Knotens, der selbst bei fortgesetztem Streichen nicht verschwindet.

Macht man nun *ab* genau gleich einigen wenigen Halbwellen, etwa 4, so sieht man bei näherer Untersuchung mehrere Erscheinungen von meistens sehr variabler Natur, die oft ziemlich sonderbar sind. Gibt man z. B. sehr wenig Lycopodium in die Röhre und streicht die Röhre etwa drei bis viermal sehr mässig, so sieht man, wenn man mitten im Strich die tönende Röhre festhält, damit sie nicht austönen kann, matte gegen den Knoten hin gekrümmte Rippen (Fig. 2, *A*). Beobachtet man die Rippen, während die Röhre tönt, so scheint es, als ob sich von einem Knoten zum anderen zwei Rippensysteme in entgegengesetzter Richtung durcheinander hindurchbewegen würden. Bei etwas näherer Betrachtung der Rippen sieht man ihre dünnen Enden gegen den Knoten, ihre Mitten aber gegen den Bauch sich hinbewegen, was also auch die gekrümmte Form derselben erklären würde.

Setzt man das Streichen einige Zeit fort, so verschwinden bald die Rippen von der Mitte des Bauches, und wenn man dann mitten im Striche anhält, so erhält man die in Fig. 2, *B* dargestellte Form. Streicht man etwas stärker, so entfernen sich die Grenzen *g* und *g'* der Rippensysteme von einander und nähern sich dem Knoten, ohne ihn jemals zu erreichen; sobald jedoch der Stab anfängt auszuklingen, so nehmen sie fast augenblicklich ihre alte Stelle ein. [1]

---

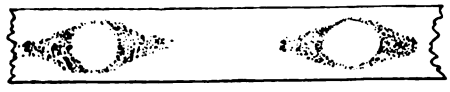
[1] Natürlich wird bei Verstärkung des Striches der freie Raum um den Knoten *k* immer schmäler und kann auch ganz verschwinden. Haben sich dann so auf den Knoten die Häufchen gebildet, so sieht man an denselben ein eigenthümliches Sprudeln und Kochen. Dieses rührt davon her, dass (wie mir Hr. Prof. Mach bei einer anderen Gelegenheit mitgetheilt hat) bei einer Verdichtung der Luft der Staub auf die Unterlage angedrückt wird, während bei der darauffolgenden Verdünnung die unterhalb des Staubes befindliche verdichtete Luft den Staub emporhebt. Davon kann

Diese Entfernung der Grenzen g und g' voneinander hat nun wahrscheinlich Kundt nach dem, was gleich anfangs angeführt wurde, beobachtet, indem er sagt, „dass sich der Staub energisch zu den Knotenpunkten hinbewegt“; er hat jedoch übersehen, dass diese Grenzen nie bis an den Knoten rücken, man mag auch noch so stark streichen. Dieses sieht man besonders auffallend, wenn man statt Lycopodium ein klein wenig Korkpulver in die Röhre gibt. Es bewegt sich dann beim Anstreichen des Stabes das Korkpulver heftig gegen die Knoten, ohne sie zu erreichen; beim Austönen des Stabes fährt es wieder schnell gegen die Mitte des Bauches. Zwischen je zwei Schichten von Korkpulver, die sich während des Tones zu beiden Seiten des Bauches in der Nähe der zwei benachbarten Knoten anstauen, findet ein lebhafter Austausch besonders der feineren Korktheile statt.

Durch die heftigen Bewegungen des Staubes gelangen natürlich fast alle Staubtheile allmälig in den Bereich des Knotens, wo sie dann liegen bleiben, und so die Bildung der Häufchenfigur unterstützen.

Ist ausserordentlich wenig [1] Lycopodium an den Wänden der Röhre gleichmässig vertheilt, so bildet sich gleich beim ersten kurzen, mässigen Strich die Form in Fig. 3, die natürlich der in Fig. 2 *B* dargestellten analog ist.

Fig. 3.



Ist hingegen etwas zu viel Staub in der Röhre, so gelingt es auch nach längerem Streichen fast gar nicht, die Fig. 2, *B* hervorzubringen.

---

man sich leicht überzeugen, wenn man in ein kurzes, an einem Ende geschlossenes Glasröhrchen etwas Kieselsäure bringt, und mit einer Hahnluftpumpe die Luft im Röhrchen bald rasch verdichtet, bald verdünnt; bei jeder Verdünnung hebt sich der Staub. Sticht man in die innere Wand einer gedeckten Holzpfeife hart am gedeckten Ende eine dünne Öffnung, die nur auf eine gewisse Tiefe geht, und schüttet ein Häufchen Pulver auf dieselbe, so wird beim Tönen das Pulver aus dem Häufchen wie aus einem Vulkan herausgeworfen.

[1] Man kann oft an der Röhre fast keine Spur von Pulver sehen, bis es durch Streichen zum Vorschein kommt.

Die Bewegung des Staubes gibt auch ein eigenthümliches Bild, wenn man dieselbe nicht von oben, sondern von der Seite betrachtet. Dazu eignet sich besonders Kieselsäure, weil sie selbst schwachen Bewegungen der Luft am leichtesten folgt. Gibt man von derselben nur soviel in die Röhre, als an den Wänden hängen bleibt, so sieht man schon bei ganz mässigem Streichen die Kieselsäure bei jedem Strich zum Bauche stürzen und dort eine mattbegrenzte Wand bilden, und zwar auch dann, wenn die Länge der Luftsäule genau ein Vielfaches von einer halben Wellenlänge ist. [1] Dasselbe sieht man an Salmiakrauch, und ich konnte nie beobachten, wie Kundt, dass sich der Salmiakrauch (zuweilen gleich beim ersten oder zweiten Strich) an den Knoten absetzte, sondern die Stellen, an welchen sich bei meinen Versuchen der Salmiak niederschlug, zeigten sich bei näherer Untersuchung als Bäuche. Man sieht übrigens bei schwachem Streichen an einer mit Salmiakrauch gefüllten (offenen oder geschlossenen) Schallröhre besonders deutlich, wie sich gleich beim ersten Strich an den Knotenstellen rauchfreie durchsichtige Stellen bilden, weil der Salmiakrauch zu den Bäuchen eilt, wo er sich dann nach einigen Strichen absetzt.

Betrachtet man nun bei mässigem Streichen so eine Staubwand von Kieselsäure im Bauche der Welle von der Seite, so zeigt sie eine Form, die in Fig. 4, 1 mehr schematisch als dem wirklichen Anblick entsprechend gezeichnet ist; die Begrenzungen der Form sind nämlich sehr verschwommen und ausserdem schwebt eine Masse von Staub um dieselbe. Beim Ausklingen der Röhre stürzen die beiden Enden g und g' nach oben hin gegen-

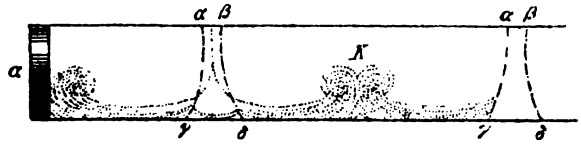
Fig. 4.

[1] Ist unmerklich wenig Kieselsäure in der Röhre, so kann man die Formen in Fig. 2 und 3 ebenso erhalten wie mit Lycopodium, jedoch gelingt dieses schon viel schwerer, und wenn nur etwas mehr Kieselsäure in der Röhre ist, so treten die weiter beschriebenen Erscheinungen ein.

einander (Fig. 4, 2), soweit dass sie sich durchgreifen, worauf sie zerstäuben.

Streicht man etwas stärker, so bildet sich eine einfache Staubwand $\alpha\beta\gamma\delta$ im Bauche (Fig. 5). Beim Ausklingen zertheilt sich jede Staubwand in zwei Staubwolken, die voneinander stürzen; so treffen die gegeneinander gerichteten zwei

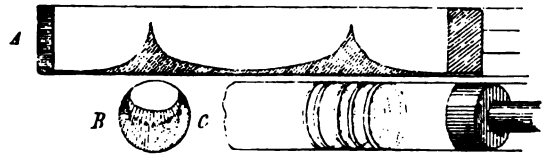
Fig. 5.



Staubwolken von zwei benachbarten Staubwänden in der Nähe des Knotens aufeinander, wodurch viel Staub auf die Knotenstellen gelagert wird. Diese zwei Staubwolken können sich auch zuweilen aus der Form in Fig. 4 bilden, jedoch sind sie nicht immer so deutlich. Das Auftreten der gewöhnlichen Staubrippen, die besonders nach längerem Streichen der Röhre sich sehr leicht bilden, stört die Ausbildung der Formen der Fig. 4 und 5; es ist also gut, die Kieselsäure nach einigen Strichen wieder von neuem auf die Röhrenwände zu vertheilen.

Merkwürdig ist es, dass selbst Wasser in der Kundt'schen Röhre von den Knoten zu den Bäuchen getrieben wird und sich daselbst zu einer Wand anstaut. Ich nahm eine zuvor gut mit Weingeist ausgewaschene Röhre, machte die Länge der Luftsäule = 2 halben Wellenlängen, und goss so viel gefärbtes

Fig. 6.



Wasser hinein, dass es, wenn die Röhre horizontal war, über der tiefsten Stelle des Röhrenquerschnittes etwa 2 Mm. hoch stand. Beim Streichen bildete sich in jedem Bauche eine Rippe von Wasser (Fig. 6, *A* von der Seite *B* von vorne gesehen), die

bei jedem starken Strich den ganzen Röhrenquerschnitt ausfüllte. War nur sehr wenig Wasser in der Röhre, so bildeten sich bei jedem starken Strich einige parallele Ringe im Bauche der Röhre, die sich an der Röhrenwand herumlegten (Fig. 6, *C*).

Bei der Erzeugung aller der vorgenannten Formen muss man darauf achten, dass die Länge der Luftsäule ziemlich genau einem Vielfachen von einer halben Wellenlänge gleich ist. Man muss daher den Kork *a* immer sehr sorgfältig einstellen. Ist der Kork genau eingestellt und hat man die Form in Fig. 2, *B* erhalten, so genügt schon eine Verschiebung des Korkes um 1 Mm., dass sich diese Form gleich beim ersten Strich in die Form der Fig. 2, *A* umwandelt, indem der Staub sofort gegen die Mitte des Bauches stürzt[1]. Schiebt man aber den Kork an seine alte Stelle, so wird die Mitte sofort staubfrei, und man erhält wieder die Form der Fig. 2, *B*.

Es scheint also, dass bei Verschiebung des Korkes auf den Knoten nicht blos die Stärke der Luftbewegung allein geändert wird, sondern auch ihre Art.

II.

Es ist gleich anfangs erwähnt worden, dass die Luftschwingungen in einer Kundt'schen Röhre, sobald nur die Luftsäule die richtige Länge hat, eine grosse Heftigkeit erlangen können; und zwar sind in einer geschlossenen Röhre die Luftschwingungen bedeutend stärker, als in einer offenen. In einer geschlossenen Röhre werden selbst schwere Pulver, wie feinzertheiltes Eisen (limatura ferri) mit Leichtigkeit aufgewirbelt und in die Höhe geschleudert, was bei einer offenen Röhre nicht der Fall ist. Trotzdem ist die gehörte Tonstärke bei einer offenen

[1] Wie schon im Vorhergehenden erwähnt ist, entsteht die Form der Fig. 2 *A* auch, wenn die Länge der Luftsäule genau einigen Halbwellen entspricht, geht jedoch nach einigen Strichen, wenn nicht zu viel Staub in der Röhre ist, in die Form der Fig. 2, *B* über; während, wenn die Länge der Luftsäule nicht ein Vielfaches einer halben Wellenlänge ist, man auch durch fortgesetztes Streichen nie die Form der Fig. 2, *B* erhält.

Röhre auffallend grösser, als bei einer geschlossenen. Ist bei einer offenen Röhre die Länge der tönenden Luftsäule gleich einer ungeraden Anzahl von $^1/_4$ Wellenlängen, so hört man einen äusserst starken Ton, dessen Heftigkeit selbst ein schmerzhaftes Gefühl im Kopfe erzeugen kann. Schliesst man jedoch die Röhre, so hört man den Ton nur schwach, ja es scheint sogar, dass der tonerregende Glasstab viel schwerer und erst bei grösserer Kraftanstrengung anspricht, als bei einer offenen Röhre. Dies ist besonders auffallend, wenn der tonerregende Glasstab nur dünn ist gegen den Querschnitt der tönenden Luftsäule. Da nun trotzdem in einer geschlossenen Röhre die Luftbewegung viel heftiger ist, so muss in derselben beträchtlich viel Schallbewegung durch Reibung aufgezehrt werden. Durch diese heftige Reibung werden aber sehr merkliche elektrische und thermische Wirkungen hervorgebracht.

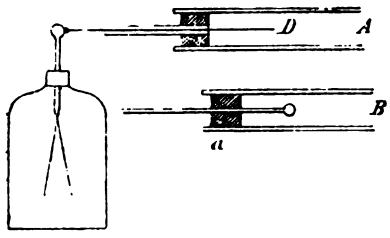
Was die Elektricitätserregung betrifft, so ist schon in einer offenen Röhre die Bewegung des Staubes und der Luft heftig genug, um durch Reibung eine merkliche Elektricitätsmenge zu erzeugen. Um dieses zu sehen, nehme man eine gut ausgetrocknete Schallröhre, in welcher die Luftsäule einer ungeraden Anzahl von $^1/_4$ Wellenlängen entspricht, und gebe trockenes Lycopodium (oder frisch abgefeiltes Korkpulver) hinein. Nach mehreren kräftigen Strichen schütte man das Pulver vorsichtig auf die unlackirte Platte eines Goldblattelektroskops. Bei trokkener Luft gibt das Elektroskop ziemlich starke Anzeigen. [1]

---

[1] Es ist bemerkenswerth, wie leicht ein Pulver durch einen vorbeistreichenden Luftstrom elektrisch wird. Schüttet man eine Schichte von gut trockenem Pulver auf die ungefirnisste Platte eines Goldblattelektroskops, so genügt es, ganz leicht mit dem Munde über das Pulver hinzublasen, damit die Goldblättchen beträchtlich divergiren, trotzdem ein ziemlich starkes Reiben des Pulvers mit einem Glasstabe keine merkliche elektrische Anzeige gibt. Selbst wenn nur eine kleine Spur von Pulver auf der Platte ist, so erhält man durch Wegblasen desselben zuweilen eine Divergenz.

Um den Einfluss zu erfahren, den das heftige Herumschleudern des Staubes beim Tönen in der Glasröhre ausübt, nahm ich eine Glasröhre, die in der Mitte mit einem Korke abgetheilt war. In die eine Abtheilung gab ich das Pulver, während das andere Ende der Röhre mit der Hand gefasst

Fig. 7.



Die Anordnung für eine geschlossene Röhre zeigt Fig. 7, *A*, wo der in eine enge Glasröhre eingekittete Metalldrath *D* mit seiner scharfen Spitze in die Röhre hineinragt, mit seinem anderen Ende aber den Knopf eines Elektroskopes auch während des Tönens der Röhre berührt, oder mit diesem durch einen feinen Drath verbunden ist. Die Anzeigen sind manchmal auch dann sehr stark, wenn nur wenig Pulver in der Röhre ist; doch bekam ich, wenn die Röhre vollkommen staubfrei war, nie eine elektrische Anzeige.

Lycopodium gibt übrigens besonders bei trockenem Wetter eigenthümliche Staubfiguren von feiner, scharfer Zeichnung, die unzweifelhaft elektrischer Natur sind. Hat man z. B. zum Behufe

---

und die Röhre mit dem Staube geschüttelt wurde. Dann wurde das Pulver langsam auf die Elektroskopplatte geschüttet.

Man kann auch, statt das Pulver auszuschütten, in die Röhre den in Fig. 7, *A* abgebildeten Kork mit dem Metalldrath einsetzen, und mit diesem das Elektroskop nach dem Schütteln berühren.

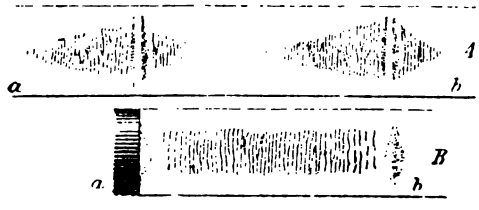
Von den untersuchten Pulvern will ich als Beispiel frisch abgefeiltes trockenes Korkpulver anführen. Dieses war sowohl nach dem Schütteln in der Glasröhre, als auch nach dem Tönen in einer offenen und geschlossenen Schallröhre — elektrisch. Beim Darüberblasen jedoch war es + elektrisch. Da sich beim Tönen nicht blos Korktheile am Glase und Lufttheile mit Korktheilen, sondern auch Lufttheile an den Glaswänden reiben, so trieb ich aus einem mit verdichteter Luft gefüllten Behälter Luft durch ein Glasrohr hindurch. Das Glas zeigte wohl sehr starke Elektricitäten, wenn auch nur schwache Spuren von Staub in der Röhre waren, jedoch keine merkliche Elektricität, wenn kein Staub darin war.

Rücksichtlich der Elektricitätsleitung zeigte sich, dass die Pulver: Kieselsäure, Lycopodium und Korkpulver die Elektricität fast gar nicht leiteten, während Glaspulver, das nicht vorher durch Erhitzen getrocknet wurde, dieselbe ganz gut leitete. Nach dem Trocknen aber war es nicht leitend. Doch auch metallische Pulver, wie limatura ferri und besonders die sog. Goldbronze, zeigten eine ziemlich schlechte Elektricitätsleitung.

der Erzeugung der Form in Fig. 2, *B* die Röhre einige Zeit lang mässig gestrichen, so ist man oft überrascht zu sehen, wie die Staubbewegung beim Tönen fast plötzlich aufhört; bei näherem Nachsehen zeigt sich das Lycopodium in lauter scharfe und feine fast parallele Rippen gelagert (Fig. 8, *A*). Die Rippen haften fest am Glase und sind selbst durch das stärkste Streichen nicht wegzubringen, auch wenn man die Röhre so dreht, dass dieselben nach oben kommen. [1]

Dass diese Rippen elektrischer Natur sind, zeigt noch eine andere Art ihrer Erzeugung, die auch leichter gelingt, als die eben angegebene. Gibt man nämlich hinreichend viel Lycopodium in die Röhre, so wandert bei kräftigem Streichen fast alles Lycopodium in die letzte an den Kork angrenzende Halbwelle, wo dasselbe äusserst heftig herumgeschleudert wird. Dreht man nun die Röhre um ihre Längsaxe, so dass der Theil, der früher unten lag, nach oben kommt, so sieht man oben eine Staubfigur von parallelen eng aneinanderliegenden Rippen, die früher unter der Masse des Staubes verdeckt lag und die noch von dem anhaftenden überflüssigen Staube undeutlich ist. Streicht man nun einmal kräftig, so fällt der überflüssige Staub herab und die Staubfigur zeigt sich in ihrer ganzen Schärfe (Fig. 8, *B*); sie wird auch selbst im Bauche der Halbwelle durch fortgesetztes heftiges Streichen nicht mehr zerstört.

Fig. 8.

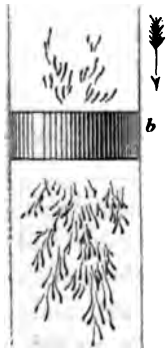


Mit Kieselsäure konnte ich nie diese Staubfigur bekommen. Dafür erhielt ich damit eine andere Staubfigur auf eine von der früheren verschiedene Art, wo wieder Lycopodium keine

[1] Um die Rippen für einen neuen Versuch wegzubringen oder um überhaupt die Röhre zu reinigen, gebe man limatura ferri in dieselbe, und drehe sie dann langsam um ihre Axe.

Staubfigur gibt. Man nimmt dazu eine gewöhnliche Kundt'sche Röhre (Fig. 1), in welcher zwischen dem Korke *b* und der Röhrenwand ein kleiner Spielraum ist. Der Kork *a* und der Korkring *R* werden entfernt; in den Kork *c* werden seitlich mehrere der Längsaxe parallele Einschnitte gemacht, durch welche die Luft aus der Röhre entweichen kann. Bei *a* wird die Röhre mittelst eines durchbohrten Korkes an einen Behälter mit verdichteter Luft angesetzt, nachdem zuvor genug Kieselsäure in den Raum *ab* der Röhre gebracht wurde. Öffnet man auf einen Moment schnell den Behälter, so wird die Kieselsäure durch den engen Zwischenraum zwischen dem Korke *b* und der Röhrenwand durchgetrieben und bildet zunächst dem Korke eine Staubfigur von sehr zarter Zeichnung, die der Lichtenberg'schen auffallend ähnlich sieht und von der ein Theil in Fig. 9 abgebildet ist. Der Pfeil gibt die Richtung der Luftbewegung an. Diese Staubfigur ist äusserst leicht zu erzeugen und ist nur durch gewaltsame Mittel zerstörbar. Zuweilen hat sie eine ziemlich grosse Ausdehnung in die Länge und ist sehr vielfältig verzweigt; manchmal kommt sie auch gleichzeitig an der inneren Röhre *S* (Fig. 1) zum Vorschein.

Fig. 9.



Warburg hatte sich nach seiner Aussage vergeblich bestrebt, eine Erwärmung durch Tönen bei Gasen nachzuweisen, während dies bei festen Körpern gut gelang. Es zeigt sich jedoch in der Kundt'schen Röhre, wo die Luftbewegung so ungewöhnlich heftig ist, wenn nur die Luftsäule die richtige Länge hat, eine sehr merkliche Erwärmung der Luft. Man braucht nur in den Kork bei *a* (Fig. 7, *B*) ein kleines gutes Luftthermometer mit einem Weingeistindex einzusetzen. Gleich bei den ersten Strichen zeigt der Index eine Erwärmung an, selbst wenn die Luft in der Röhre vollkommen staubfrei ist. Die Erwärmung ist grösser, wenn man etwas Staub in die Röhre bringt. Ist die Kugel des Thermometers im Bauche der Welle, so verschiebt sich bei einer bestimmten Zahl von Strichen (etwa 6) der Index doppelt so weit, wie wenn die Kugel im Knoten sich befindet.

Schiebt man den Kork mit dem Thermometer um $^1/_4$ Wellenlänge in die Röhre hinein, so erhält man selbst nach beharrlichem Streichen keine Wärmeanzeige, weil in diesem Falle die Luftbewegung sehr schwach ist.

Da sich übrigens der an das tonerregende Glasrohr aufgesteckte Kork an den Wänden der übergeschobenen Glasröhre reibt (besonders wenn der Korkring entfernt ist), so wird auch hiedurch Wärme erzeugt, die nicht unbeträchtlich ist, wie aus einem Umstand erhellt, den mir Herr Dr. Kessel mitgetheilt hat. Klemmt man nämlich das tonerregende Glasrohr mit dem Korke am Ende für sich allein frei ein, so spürt man, wenn man den Kork ganz leicht mit den Fingerspitzen anfasst, denselben nach einigen Strichen ganz heiss werden. Ein angesetztes Quecksilberthermometer, dessen Kugel während des Tönens mit dem Korke in bleibender Berührung ist, steigt nach längerem Streichen etwa um 15°C.

Die Quelle der Wärme ist jedoch, wie ich mich überzeugt habe, blos an der Berührungsstelle der Thermometerkugel mit dem Korke zu suchen, woselbst sich der Kork beim Tönen stark an der Kugel reibt. Lässt man die Röhre tönen und berührt erst nachträglich den Kork mit einem Thermometer, so zeigt es keine merkliche Erwärmung an, selbst wenn es ein Luftthermometer ist. Das Luftthermometer steigt aber rapid gleich beim ersten Strich, wenn es mit dem Korke während des Tönens in Berührung bleibt. Dass übrigens die oben erwähnte Erwärmung der Luft nicht von der Reibung des schwingenden Korkes an der Glaswand der Röhre herstammt, das erhellt daraus, dass man keine Erwärmung der Luft wahrnimmt, wenn man den Kork mit dem Luftthermometer um $^1/_4$ Wellenlänge in die Röhre hineinschiebt, trotzdem in diesem Fall die Kugel des Thermometers dem schwingenden Korke näher liegt.

Gibt man in den Kork bei *a* (Fig. 7 *B*) ein kleines Manometer, so zeigt es beim Streichen eine Druckvermehrung von etwa 1 Ctm. Wasser, jedoch nur dann, wenn die Länge der Luftsäule ein Vielfaches von einer halben Wellenlänge beträgt. Lässt man den Kork an der Knotenstelle, und schiebt das Ende des Manometerröhrchens so weit hinein, bis es in der Mitte des Bau-

ches steht, so zeigt sich keine Druckvermehrung. Die Erscheinung ist wahrscheinlich der von Kundt bei gedeckten Pfeifen beobachteten analog. Die Erklärung bei Pfeifen durch den aus dem Kernspalt dringenden Luftstrom wie sie Kundt annimmt, ist natürlich hier nicht zulässig, und scheint auch für Pfeifen nicht die richtige zu sein, wie ich schon früher einmal (Sitzber. 1873: „Über das Kundt'sche Manometer") bemerkt habe.

Wie man aus dem Vorhergehenden sieht, treten bei den Luftschwingungen in Kundt'schen Röhren sehr merkliche elektrische und thermische Wirkungen auf. Ausserdem sind wahrscheinlich die Excursionen der Luft so gross, dass vielleicht die gewöhnlichen akustischen Gesetze hier keine Geltung haben; es scheint demnach die Entstehungsweise der hier vorgeführten Staubfiguren eine ziemlich complicirte zu sein. Dazu kommt noch, dass die Erscheinungen sehr variabel sind, und es bedarf sowohl einiger Sorgfalt in der Ausführung des verwendeten Apparates als auch einer gewissen Übung im Streichen, um einige der hier dargestellten Formen ganz rein zu erhalten.

Die Versuche wurden im physikalischen Laboratorium der Prager Universität ausgeführt.

Beiträge zur Kenntniss des Erdbebens von Belluno vom 29. Juni 1873.

Von **Alexander Bittner.**

(Mit 3 Tafeln.)

Die vorliegende Arbeit macht durchaus nicht den Anspruch, als etwas Abgeschlossenes gelten zu wollen. Sie bringt nichts weiter, als eine Zusammenstellung der Nachrichten, welche aus dem alpinen Theile des Schüttergebietes vom 29. Juni 1873 bekannt geworden sind und einige Beobachtungen, die ich während eines Aufenthaltes in der Umgebung von Belluno zu sammeln im Stande war. Die Nachrichten sind zum grösseren Theile Privatberichten, welche über Aufforderung des Herrn Professor Suess von zahlreichen Orten an denselben eingesandt wurden, entnommen. Aus diesem Gesammtmateriale habe ich am Schlusse einige Folgerungen hinsichtlich des Sitzes des Erdbebens zu ziehen gesucht.

Bevor ich jedoch zur Ausführung schreite, halte ich es für meine Pflicht, allen jenen Personen, welche mir bei dieser Arbeit ihre Unterstützung angedeihen liessen — insbesondere dem hohen Unterrichtsministerium, welches mir die Mittel zur Reise nach Belluno bewilligte, meinen besten Dank zu sagen.

Ich gebe nun zunächst eine Zusammenstellung der Nachrichten aus dem weiteren Erschütterungsgebiete; sodann folgt die Mittheilung des im Zerstörungsgebiete Beobachteten und hieran reiht sich eine Aufzählung älterer Erdbeben im Venetianischen und ein Rückblick auf die Erscheinungen, von welchen das hier Behandelte begleitet war.

I. Sammlung von Berichten über das Erdbeben.

1. Niederösterreich.

Wien. Der Erdstoss vom 29. Juni wurde auch hier, freilich nur ausserordentlich schwach, wahrgenommen. In der meteorologischen Centralanstalt auf der hohen Warte ist nämlich zu einer Zeit, die mit den übrigen Angaben übereinstimmt, eine Pendeluhr zum Stillstand gebracht worden. — Herr F. Kitzler (Josefstädterstrasse Nr. 17) theilt folgendes mit: Sonntag, den 29. Juni, Früh um circa 5 Uhr hörte ich ein Schlagen an meiner Pendeluhr und bemerkte, dass das Gewicht 6—8mal an das Glas anschlug, ohne dass die Uhr stehen geblieben wäre; eine Erscheinung, die ich mir nicht zu erklären wusste; die Wohnung liegt zu ebener Erde. — Dies ist alles, was über eine Erschütterung in Niederösterreich bekannt wurde, und es scheint thatsächlich auch nirgends weiter eine solche beobachtet worden zu sein; wohl aber ward aus Gloggnitz berichtet, dass in der Nacht vom 11.—12. Juli gegen 2 Uhr ein Stoss mit nachfolgendem Rütteln wahrgenommen wurde. Nun liegt zwar von dieser Stunde keine Nachricht über einen Erdstoss zu Belluno vor, wie sich indess aus der Zusammenstellung der Erschütterungen in der Provinz Belluno ergibt, war der 11. Juli einer der durch die zahlreichsten und heftigsten Stösse ausgezeichneten Tage, am 12. Juli dagegen fand ein sehr heftiges Erdbeben statt in der Umgebung von Rom, zu Frosinone, Alatri und an anderen Orten Unteritaliens.

2. Steiermark.

Cilli. Am 29. Juni um 5 Uhr 10 Min. M. wurde zu Cilli und Umgebung ein Erdbeben wahrgenommen, wie es von gleicher Intensität und Dauer schon seit vielen Jahren nicht eingetreten. Der Berichterstatter der Zeitschrift für Meteorologie (Nr. 14) theilt mit, dass er aus dem Schlafe geweckt, noch durch 3 bis 4 Sec. eine wellenförmige Bewegung und Schaukeln des Bettes beobachtete; das Gewicht einer Pendeluhr befand sich noch einige Minuten nach dem Ende der Erscheinung in einer merk-

lich schwingenden Bewegung in der Richtung Süd-Nord; auch die Bewegung des Körpers liess die Richtung der Erdschwankung in gleicher Weise erkennen; die Dauer wird zu 8—12 Sec. in zwei Absätzen, oder als länger angegeben. — Herr Gymnasialdirector Premon berichtet, dass die Erschütterung eine ziemlich starke war, so dass in einigen Wohnungen die Zimmerglocken zu läuten begannen; die Richtung von SO—NW. Cilli ist der einzige Ort im südlichen Steiermark wo eine Erschütterung verspürt wurde. Schon in Marburg wurde eine solche bestimmt nicht mehr wahrgenommen und in gleicher Weise verneinend lauten die Zuschriften aus Voitsberg, Frohnleiten, Knittelfeld, Kindberg, Leoben, Mürzzuschlag, Mariazell, Admont, Rottenmann und Irdning. Erst von Aussee sind wieder Nachrichten über eine stattgehabte Erschütterung eingegangen, die manches Interessante bieten. Eine sehr ausführliche Mittheilung ist Herrn Bergrath Pohl zu verdanken, deren wesentlicher Inhalt folgender ist: Ich lag vollständig erwacht im Bette (1. Stockwerk des Salinenamtsgebäudes), als ich an den Fenstern ein Geräusch wahrnahm, das einem Tappen an die Gläser derselben ähnelte und mir deshalb auffiel, weil das Fenster kaum von jemand erreicht werden kann. Ich stand auf und sah auf die Uhr, die eben einige Minuten über fünf zeigte — und in dem Momente entstand scheinbar unterhalb des Fensters ein Geräusch, welches dem Umfallen eines mit leeren Möbeln beladenen Wagens glich. Gleichzeitig hörte ich im zweiten Stockwerke ein rasches Umherlaufen, das mir zu dieser Zeit besonders auffiel. Draussen lag dicker Nebel. Ich konnte mir dieses wahrgenommene Geräusch um so weniger erklären, als der Eindruck desselben bei dem gänzlichen Mangel einer sensiblen Schwingung oder eines Stosses mich nicht im mindesten auf den Gedanken eines Erdbebens gebracht hatte. Ich erfuhr dann auch erst durch die Bewohner des 2. Stockwerkes, dass sie durch ein Erdbeben aus dem Schlafe geweckt und in Folge der sehr starken Schwingungen in Angst versetzt worden seien. Aber auch in diesem Stockwerke ist an der Westseite des Hauses nichts bemerkt worden. Dr. Kochems, im 2. Stockwerke des Apothekerhauses wohnend, vernahm starkes Geräusch ober sich, als wäre am Dachboden jemand beschäftigt, und gleich darauf aufeinanderfolgende

bedeutend fühlbare Stösse mit von O. nach W. gehenden Schwingungen. Auch in Altausee sowie in Obersdorf und Mitterndorf wurden gleiche Wahrnehmungen gemacht; hie und da war die Erschütterung so stark, dass die Gläser in den Schränken geklirrt haben sollen. Nach Mittheilungen von Leuten, die in Goisern und am Hallstättersee wohnen, scheinen in jener Gegend die Stösse und Schwingungen noch stärker gewesen zu sein. So weit die Mittheilung des Bergrathes Pohl. Dem Berichte von Dr. med. Pohl (im 2. Stockwerke des Salinenamtsgebäudes wohnhaft) an die Zeitschr. d. österr. Ges. f. Meteorologie entnehme ich noch folgendes: „Ich vernahm zuerst ein auffallendes Knattern in einem dem Bette gegenüberstehenden Kasten und nach kaum 10 Secunden empfand ich ein Hin- und Herschaukeln meines Bettes, und zwar von N. nach S., etwa 4- oder 5mal in rascher Aufeinanderfolge. — Hiermit wären die Nachrichten aus Steiermark abgeschlossen, wenn nicht noch eine Mittheilung aus einem Orte vorläge, der ganz isolirt in dem von der Erschütterung bereits nicht mehr betroffenen Gebiete liegt. Aus Kapfenberg an der Mürz schreibt nämlich Lehrer F. Forster: „Am 29. Juni um 2 Uhr 45 Min. M. wurde ein immer stärker werdendes Rollen gehört, das von einer Erschütterung der Erde begleitet war, so dass die Gläser in dem Kasten klirrten und einige durcheinanderfielen. Die Erschütterung nahm die Richtung gegen NO. und war ein Rütteln, so heftig, dass auch ein Blechdach vom Camin herabgeworfen wurde. Das Rollen und Rütteln dauerte ungefähr 10 Secunden.“ — Von einer Erschütterung um 5 Uhr wird nichts erwähnt.

3. Oberösterreich.

Hallstatt. Während im Amtshause nichts wahrgenommen wurde, versichern glaubwürdige Personen vom Markte Hallstatt, von der Ortschaft Lahn, von Ober- und Untersee, sowie vom Salzberge, um $5^1/_2$ Uhr M. eine mehrere Secunden lang audauernde Erschütterung verspürt zu haben. (K. K. Salinenverwaltung.)

St. Wolfgang bei Ischl. Mehrfach wahrgenommen; im Leuchtthurme am See schwankte ein grosser, an einem Nagel

hängender Schlüssel und einzelne Mörtelstücke fielen von der Mauer. (Oberlehrer Nodes.)

Ischl. Erschütterung in der Dauer von 10 Secunden, 6 sehr wahrnehmbare Stösse. (Abendblatt der Neuen fr. Presse, 30. Juni.)

Ort bei Gmunden. Prof. Lott theilt der Zeitschr. f. Meteorologie mit, dass er nach 5 Uhr M. durch Erdstösse aus dem Schlafe geweckt worden. Auch zu Gmunden selbst ist die Erscheinung beobachtet worden. (Lehrer Herzog in Vöcklabruck.) Dasselbe gilt nach dem eben angeführten Gewährsmanne für Goisern und Frankenburg.

Schloss Kammer am Attersee. Um 5 Uhr M. erst eine Vibration und darauf ein Stoss. (Mittheilung an Professor Suess.)

Vöcklabruck. Um 5 Uhr oder einige Minuten darüber ein leichtes Klirren der Futtergläser in einem Vogelkäfig, ebenso ein Klirren schlecht verkitteter Fensterscheiben und von leeren Arzneifläschchen auf einem wankenden Tische. Mehrere im Bette liegende Personen wollen eine schwankende Bewegung in der Richtung von NO—SW. gefühlt haben. Dauer 3—4 Sec. (Lehrer Herzog.)

Kremsmünster. Auf der Sternwarte wurden 3 Stösse beobachtet. (Deutsche Zeitung, 4. Juli.)

Ried. Fensterklirren, 3malige wiegende Bewegung, eine Thür öffnet sich. (Presse, 2. Juli.)

Wels. Hier wurde die Erschütterung in zwei deutlichen Stössen vom Bezirkshauptmann Fischer wahrgenommen, und zwar erfolgte der erste Stoss um $5^1/_4$ Uhr M. und der zweite circa 5 Sec. später. Richtung SW—NO. (Prof. G. A. Koch.)

Scharten bei Wels. Viel heftiger als zu Wels. Pfarrer Rinke ward im 2. Stockwerke durch einen heftigen Stoss geweckt; das an die Kirche angebaute Haus schwankte sehr bedeutend, wie es schien NO—SW. oder umgekehrt. Die Dachbalken und das ganze Holzwerk krachten, das Petroleum in der Lampe schwankte hin und her. Dem zu ebener Erde wohnenden Lehrer Fuchsmayer fiel das Schwingen der Bilder und des Spiegels auf. (Prof. Koch.)

Kletzenmarkt (Gemeinde Schönau). Am Kroissenhofe von der zu ebener Erde im Bette liegenden Bäuerin und einem am Dachboden befindlichen Knechte wahrgenommen. Hin- und Herwiegen des Bettes, Krachen des Gebälks, Erzittern des ganzen Hauses bei drei in kurzen Pausen folgenden Stössen. Richtung angeblich SW—NO. (Prof. Koch.)

Schloss Dietach bei Wels (1 Stunde gegen SO.) Frl. Herma Gross durch einen sehr kräftigen Stoss aus dem Schlafe geweckt; die Thür war aufgesprungen, eine Hängelampe schwankte heftig, Bilder und Spiegel waren in Bewegung u. s. f. (Prof. Koch.)

Schloss Weidenholz bei Waitzenkirchen. (Prof. Koch.)

Linz. Herr Hauptmann Teisinger theilt mit: In meiner im 3. Stockwerke befindlichen Wohnung wurde ich durch eine starke rüttelnde Bewegung des Bettes gewekt. Richtung W—O. Unter meinen Bekannten will niemand etwas ähnliches bemerkt haben. — Auch in dem gegenüber von Linz liegenden Urfahr wurde die Erschütterung hie und da wahrgenommen. (Stud. C. Vogt.)

Summerau bei Freystadt. Am 29. Juni um 5 Uhr 10 Min. M. wurden in einem Zeitraume von circa 10 Sec. 5—6 kurze schwache horizontale Schwingungen von N. nach S. und ohne grossen Intervall eine gleiche Anzahl von W. nach O. verlaufender vom Bahnerhaltungsassistenten Tomaschek beobachtet. (Prof. Koch.)

Aus Mondsee in Oberösterreich ist ziemlich unerwarteter Weise ein negativer Bericht eingelaufen.

4. Salzburg.

Salzburg. Um 5 Uhr 18 Min. ein Erdbeben in zwei Stössen, der erstere stärker und an 10 Sec. dauernd, wellenförmig von NW—SO., der zweite 5 Sec. später in gleicher Richtung. (Zeitschr. d. österr. Ges. f. Met.) Eine andere Nachricht ist von Seiten des Herrn Bezirkshauptmannes Fischer eingelaufen; derselbe schreibt: Um $5^1/_4$ Uhr wurde ich durch eine Bewegung aus dem Schlafe geweckt, welche mir derart schien, als ob mein

Bett gehoben und einige Male in schaukelnder Weise geneigt würde. Auch ein kleines Tischchen neben dem Bette neigte sich in gleicher Weise und bewegte sich zitternd, so dass die Leuchter und Tassen klirrten. Kurz darauf wiederholte sich die Bewegung ein zweites Mal in gleicher Weise. Das Zittern eines Nachtkästchens dauerte noch länger an und wurde wiederholt stärker. Die Richtung schien mir O—W., ziemlich senkrecht gegen die Salzach. Die Dauer war eine bedeutende. — Ein Bericht in der Neuen freien Presse vom 1. Juli besagt etwa folgendes: Die Bewegung erfolgte um 5 Uhr 20 Min. und äusserte sich im Hin- und Herschwanken von Betten, im Schwingen von Glockenzügen und Lampen; in unheimlichem Krachen der Möbel; Thüren und Fenster wurden wie von einem heftigen Windstosse gerüttelt. Dabei war der Himmel ganz heiter und die Luft durchaus ruhig. Dauer 30 Sec., Richtung scheinbar SW—NO.

In der Salzburger Chronik liest man ddo. 29. Juni: An diesem Tage gab es einen ganz anständigen Erdstoss zu Salzburg in den beiden Stadttheilen und in der Umgebung zu Morzg, Moos und Reichenhall, der aber nicht lange andauerte. Er machte die Fenster klirren, die Hausglocken schellen und verrückte Tafeln an den Wänden. Auch zu Mariapfarr ward er um $^3/_4$5 Uhr verspürt, ohne jedoch zu schaden. (P. A. Ebner.)

Abtenau. Bedeutende Erschütterung des Hauses und Bettes, verbunden mit seltsamem Geräusch, das ungefähr 2—3 Sec. andauerte. Die Erschütterung war etwas stärker, als eine solche ist, wenn man in einem einstöckigen Hause eine Thür sehr heftig zuschlägt. Möbel und andere Gegenstände haben sich nicht bewegt. (Lehrer Russegger.)

Werfen. Auch hier wurde eine Erschütterung bemerkt. (Lehrer Winkler in Radstadt.)

St. Johann. Nicht überall in gleicher Stärke beobachtet. Im allgemeinen wurde die Bewegung in hölzernen Häusern (hier mit Krachen der Wände verbunden) und in höheren Stockwerken stärker verspürt als in gemauerten Häusern und zu ebener Erde. Dauer 8—10 Sec., Richtung NO—SW. Wellenförmig. Einzelne Personen wollen an demselben Tage Vormittags einen zweiten Stoss beobachtet haben, ebenso am folgenden Tage Morgens,

doch sind diese Angaben nicht ganz verlässlich. (Lehrer Prennsteiner.)

Tamsweg. 3—4 schaukelnde Bewegungen von NOO. nach SWW., zusammen von etwa 5 Sec. Dauer, Ein Klirren der Kastenbeschläge. (Lehrer Schattauer.)

Hofgastein. Besonders in den oberen Etagen der Häuser wahrgenommen; am Chore der Kirche bewegte sich eine Bank durch einige Sec. von S—N., in der Orgel knisterte es. (Lehrer Winkler.)

Mittersill. Von hier berichtet Lehrer Stachl wie folgt: Um 5 Uhr 1 Min. Morgens erfolgte eine so starke Erschütterung, dass das Bett, worin ich lag, stark schaukelte, die Zimmerthüre krachte, als ob sie jemand erbrechen wollte, dass die an denselben hängenden Schlüssel herabfielen, ebenso wie eine an der Wand befestigte Bildertafel. Alles dies geschah in 1—2 Sec. Zugleich wehte ein sehr starker Wind. Im Hause des Nachbars, nur 20 Schritte von der Schule, suchte man das Freie zu erreichen, um das Leben zu sichern, da man einen Einsturz des Daches befürchtete, ein solches Getöse entstand. Schon um 11 Uhr der vorhergehenden Nacht vernahm man eine Erd erschütterung, jedoch schwächer als die am Morgen.

Zell am See. Um 5 Uhr 5 Min. M. ward eine zweifache Erderschütterung bemerkt, und zwar das erste Mal als wiegende Bewegung von O. nach W., an Fenstern, Tischen, Betten und Bildern wahrnehmbar, welche letztere in einzelnen Häusern von der Wand fielen; das zweitemal war es mehr ein Stoss von unten. (Lehrer Felser.)

Lofer. Nicht grossartig, aber fühlbar und in allen Häusern bemerkt. In der eine halbe Stunde entfernten Kirche St. Martin erschreckte das Geklirr der Fenster die Betenden, die Stühle bewegten sich stark, man rief sogar, die Kirche falle zusammen; und das Kreuz am Dache, das, wie der Berichterstatter bemerkt, noch von keinem Sturme aus der Richtung gebracht wurde, drehte sich bei dieser Erschütterung. (Lehrer Burgschweiger.)

Von Radstatt und Sanct Michael liefen negative Berichte ein.

5. Baiern.

Tegernsee. Getöse während $1^1/_2$ Minuten. Der See zeigte eine heftige Bewegung. Richtung der Erschütterung NO—SW. Bei Abwinkel am Seeufer bildete sich ein 4 Schuh breiter, mehr als 3 Klafter langer Riss. (Presse vom 3. Juli.)

München. Es bebten Mauern und stürzten baufällige Öfen ein. (Ebenda.) Ein anderer Bericht sagt: Von 5 Uhr M. wurden hier zwei Erdstösse in unmittelbarer Aufeinanderfolge wahrgenommen. Namentlich im Mittelpunkte der Stadt, in der Nähe der Frauenkirche war die Bewegung eine starke. Als Richtung wird bald SW—NO., bald N—S. angegeben. (Augsburger Allg. Ztg.)

Im „Boten für Tirol und Vorarlberg" wird über verticale Stösse zu München berichtet.

Augsburg. Auch hier noch ist die Erschütterung bemerkt worden.

Oberlech. Gegen 5 Uhr M. weckte eine kleine Bewegung der Erde die Schläfer. Unmittelbar darauf rollte es von SW—O. im Inneren der Erde so heftig, dass im Freien stehende, nicht befestigte Gegenstände umfielen, die Fenster klirrten, die Hausgeräthe wankten. Das Schwanken war namentlich in den oberen Stockwerken der Häuser erschreckend. Dauer kaum mehr als eine Secunde. Die Erschütterung bewegte keineswegs alle Gebäude, indem oft die nächstliegenden neben den betheiligten ganz unbehelligt blieben, was namentlich bei den vor dem Städtchen Füssen befindlichen zerstreuten Häusern der Fall war. Während die zu ebener Erde Wohnenden den ganzen Vorfall weniger oder theilweise gar nicht wahrnahmen, schien in den höheren Stockwerken alles drunter und drüber zu gehen. (Professor G. vom Rath im Neuen Jahrb. f. Mineralog. 1873, pag. 707.)

6. Vorarlberg.

Bregenz. Von hier theilt Herr Realschuldirector Puhl folgendes mit. Die Erschütterung wurde um 5 Uhr wahrgenommen. Stärker scheint sie gewesen zu sein in Bezau, Krumbach, Riefensberg und Springen gegen die bairische

Grenze zu. In den höher gelegenen Ortschaften hat man die Bewegung überhaupt stärker empfunden als in tiefer liegenden. Insbesondere scheint sie in Springen heftig gewesen zu sein, so dass Bildertafeln an den Wänden schwankten und herabzufallen drohten, in den Sennereien sich die vollen Milchgefässe zum Theil entleerten und einzelne Häuser krachten, als wollten sie aus den Fugen gehen.

Feldkirch. Heftige Erschütterung. (Gymnasialdirector Elsensohn.)

Dornbirn. Wand- und Standuhren blieben stehen, angelehnte Zimmerthüren flogen auf. (Dr. Waibl.) — Um 5 Uhr M. ziemlich starkes Erdbeben, zuerst als schwächerer, dann als stärkerer Stoss. Beim zweiten zitterten die Wände, wankten auf Tischen stehende Gegenstände und wurden zu Bette liegende Personen umhergeworfen. Als Richtung wird meist W—O. angegeben. (Dornbirner Gemeindeblatt vom 6. Juli.)

Hohenems und Lustenau. Die Erschütterung ebenfalls wahrgenommen. (Dr. Waibl.)

Aus Schruns liegt eine negative Nachricht vor.

7. Tirol.

In Vils und der ganzen Umgebung erfolgte um genau 5 Uhr ein von N—S. gehender gewaltiger Erdstoss, so zwar, dass die Bettgestelle schaukelten und an der Wand hängende Gegenstände herabzufallen drohten; nach circa 5 Minuten wurde ein noch stärkerer Stoss fühlbar, in Folge dessen die Leute voll Schreck auf den Gassen zusammenliefen. Ein Schaden geschah nicht. (Lehrer Huter.)

Seefeld. Starke Erschütterung, so dass hängende Lampen in Schwingung geriethen und sich der Kalkanwurf an Häusern stellenweise löste. Dauer etwa 2 Sec. Ähnlich zu Scharnitz und zu Mittewald in Baiern. (Cooperator P. Hechenberger.)

Kufstein. Bald nach 5 Uhr erfolgten auf vorausgehendes Sausen zwei heftige Stösse, der zweite anhaltender, wie es schien, von NO—SW. Fenster klirrten, Möbel wurden stark gerüttelt, kleinere Gegenstände umgeworfen. Die Glocken im

Kirchthurme geriethen in Schwingung. (Decan Dr. M. Hoerfarter.)

Kitzbühel. Eine so starke Erschütterung schon lange nicht dagewesen. Eine Wiege schwang sich plötzlich hin und her, ein über eine Wasserflasche gestürztes Glas klang, ein hölzernes Häuschen krachte und ächzte, als wolle es aus den Fugen gehen und im oberen Stockwerke war ein Geräusch wahrnehmbar, als ob Möbel stark hin und her gerückt würden. Viele wollen eine halbe Stunde früher eine Erschütterung wahrgenommen haben. (Lehrer Bache.)

Schwaz. Leichte wellenförmige Erschütterung. (Bote für Tirol und Vorarlberg, Nr. 150.)

Münster bei Rattenberg. Sehr deutliches Erdbeben. (Bote f. T. u. V. Nr. 147.)

Achensee. Ähnliche Nachrichten wie vom Tegernsee. (Wiener Zeitung vom 3. Juli.)

Hall. Kurz vor 5 Uhr M. ein sanft wiegendes Erdbeben durch mehrere Sec. (Bote f. T. u. V. Nr. 147.) — In Hall und Umgebung circa 5 Min. vor 5 Uhr in kurzer Pause aufeinander folgende Erschütterungen, die erste in der Dauer von etwa 4 bis 5, die zweite von 10—15 Sec.; Empfindung eines leichten Wiegens oder Schwingens, scheinbar von W—O., ohne Getöse und andere Nebenerscheinungen. Auf dem im N. von Hall gelegenen Salzberge wurde in dem in 4800 W. F. über Meer erbauten Amtshause fast genau dasselbe beobachtet, nur schien die Luft mit Rücksicht auf die frühe Morgenstunde etwas schwül, etwa als ob der Scirocco im Anzuge wäre; es erhielt sich aber die schönste Witterung. Eine grosse Pendeluhr an einer S—N. streichenden Wand blieb stehen. (Mittheilung der löbl. k. k. Salinenverwaltung.)

Innsbruck. Kurz vor 5 Uhr eine Erderschütterung, die indess bei weitem nicht so stark war, als die am 7. und 8. Aug. 1872. Bewegung horizontal, von SO—NW. Dann dumpfes Rollen. (Presse vom 2. Juli.) — Um 5 Uhr, weniger $3^1/_2$ Min., zuerst ein Stoss, der in eine schaukelnde Bewegung, und zwar von O—W. überging; diese Bewegung war ziemlich stark und brachte Gläser, Stühle u. s. f. ins Schwanken. Am stärksten scheint sie aufgetreten zu sein am Hättingerberge und im sogenannten

Kirschenthal bei Hötting. Dauer 10—15 Sec. (Presse, 1. Juli). — Heute Früh machten sich mehrere Erschütterungen, darunter eine ziemlich starke in nordwestlicher Richtung bemerkbar. (Presse, 1. Juli.) — Nicht heftiges, aber an 30 Sec. dauerndes Erdbeben von N—S., rollendes Getöse. (Bote für Tirol und Vorarlberg, Nr. 147.)

Schmirn. Um $^3/_4$5 Uhr eine so gewaltige Erderschütterung, dass die Fenster zitterten, Mörtelstücke von Gewölben fielen und die Leute aus der Kirche flohen. Dauer 4 Sec. (Lehrer Speckbacher.)

Brenner. Von ziemlich langer Dauer, aber schwach; N—S. (Deutsche Ztg., 4. Juli.) — Rollendes Getöse; die letzte Schwingung am stärksten. (Bozner Ztg., 30. Juni.)

Obernberg. Starke, sehr deutlich wellenförmige Bewegung von O—W., mehrere Sec. anhaltend. Kaum je konnte bei einem anderen Erdbeben die Richtung so genau wahrgenommen werden. Begleitet von einem starken dumpfen Brausen, wie das eines Windes. (Lehrer Mair.)

Sterzing. Die Erschütterung bewirkte, dass der Boden krachte und unter den Füssen schwankte, die Bettstätten gehoben, die Bilder hin und herbewegt wurden, Gläser klirrten u. s. f. In einem Hause neigten sich die Hauptmauern bedenklich hin und her und das Gebälk krachte. (Lehrer Munggenast.)

Sölden. Um $4^3/_4$ Uhr der erste Stoss von etwa 3 Min. (?) Dauer, der zweite stärkere einige Minuten später und ebenso lange anhaltend. (Lehrer Wilhelm.) — Im ganzen Ötzthale ziemlich starkes Erdbeben durch einige Sec. (Bote für Tirol und Vorarlberg, Nr. 147.)

Pfunds. Um $^3/_4$5 Uhr eine Erschütterung in zwei Stössen, so dass der Boden wankte, dabei ein Geräusch, als ob etwas herabgefallen wäre. Dauer 12 Sec. (Bote f. T. u. V., Nr. 150.) — In der ganzen Erstreckung von

Prutz bis Mals ward die Erschütterung wahrgenommen. (Ebenda.)

Glurns. Von hier berichtet Lehrer Zoderer Nachstehendes: Um $4^3/_4$ Uhr M. weckte mich eine heftige Erschütterung und der starke Klang einer leeren Flasche, die in der

Nähe meiner Schlafstätte auf einem Kasten stand und dermassen in Bewegung gesetzt wurde, dass sie jeden Augenblick umzufallen drohte. Dies dauerte 20—30 Sec. Die Gewichte meiner Hängeuhren kamen erst nach 10 Min. zur Ruhe. Im Stalle wurde die Erschütterung ebenfalls bemerkt und eine Unruhe an den Thieren wahrgenommen, die das Futter unberührt liessen und nach dem Ausgange spähten. Vögel in Käfigen flatterten wild umher. Einige Personen behaupten auch, bereits am 22. während des vormittägigen Gottesdienstes einige Erdstösse wahrgenommen zu haben.

Meran. Um $^3/_4$5 Uhr starkes Erdbeben in wellenförmigen ostwestlichen Schwingungen, sodann kurze Pause und darauf heftigere, nahezu eine Minute anhaltende Erschütterung. Aus vielen Häusern stürzten die Leute schreiend auf die Strassen. (Neue fr. Presse, 2. Juli). — Heute Früh zwischen 3 und 4 Uhr (?) eine Erderschütterung, die ungefähr eine Minute anhielt und der ein donnerähnliches Geräusch voranging. Richtung S—N. (Bote f. T. u. V., Nr. 147.) — Folgendes entnehme ich in einem Schreiben des Lehrers d. Mathematik u. Physik, P. B. a Porta: Die Erschütterung war wellenförmig, von SO—NW. gerichtet; der eigentlichen Bewegung ging ein Brausen voran, wie von einem starken Windstosse oder vom raschen Fahren eines Wagens oder — wie es mir anfänglich erschien — von der Verschiebung schwerer Tische. Die Dauer mag auf 20 Sec veranschlagt werden. Auch im Vintschgau, jedoch bedeutend schwächer als hier, beobachtet worden.

Obermais. Starke Erschütterung, ebenso wie in dem auf beträchtlicher Höhe liegenden

Riffian und Kuens (wohl Kains); man glaubte, es sei plötzlich ein heftiger Orkan dahergebraust; Himmel klar, Windstille. (Neue fr. Presse, 2. Juli.)

Im ganzen Nons- und Sulzthale wurde die Erschütterung in grosser Stärke beobachtet. Specielle Nachrichten sind mir aus folgenden Orten bekannt geworden:

Malé. Hier und in der Umgebung mehrere Häuser erheblich beschädigt. (Presse, 2. Juli.) — In Malé und Umgebung ein sehr starker Stoss mit heftiger Detonation. Mehrere Häuser litten erheblichen Schaden. (Bote f. T. u. Vorarlberg, Nr. 147.)

Dres bei Cles. Es stürzten drei Camine ein. (Bote f. T. u. V. Nr. 147.)

Terres. Starke Erschütterung. (Gazetto di Trento.)

Denno. Zwei Stösse; der erste von 6—7 Sec. Dauer, dann eine Pause von einer Minute, worauf ein zweiter schwächerer Stoss von zwei Sec. Dauer. (Gaz. d. Trento.) — Hier wurden auch noch mehrere der späteren Stösse wahrgenommen, so am 8. Aug. um 8 Uhr 10 Min. M. ein ziemlich starker Stoss mit wellenförmiger Bewegung, die zwei Sec. andauerte, sodann am 17. Sept. um 8 Uhr 10 Min. A. zwei leichte Stösse im Intervall von einer Min.; der erste bei 6, der zweite etwa 3 Sec. andauernd. Auch an einem der zwischenliegenden Tage scheint man eine der Erschütterungen im Gebiet von Belluno mitempfunden zu haben. (Gaz. di Trento.) Ganz ähnlich wird von

Storo über den Stoss vom 17. September 8 Uhr A. berichtet. Auch hier waren zwei getrennte Bewegungen unterscheidbar, die zweite stärker. (Gaz. d. Trento.)

Tione in Judicarien. Starkes Erdbeben. (Bote f. T. u. V. Nr. 147.)

Riva. Um 5 Uhr 2 Min. ziemlich starker Erdstoss mit Schwingungen von O—W. von 20—25 Sec. Dauer und von solcher Intensität, dass ein Stück Gesims von einem Gebäude herabfiel. Um $^1/_2$6 Uhr soll eine leichte, höchstens 4 Sec. anhaltende Erschütterung stattgefunden haben, die jedoch nur von sehr wenigen beobachtet worden ist. Es herrschte Windstille. (Neue fr. Presse, 1. Juli.)

Roveredo. Herr Supplent v. Cobelli berichtet: Um 5 Uhr 3 Min. erfolgte ein starker Stoss, darauf kräftige Undulationen, sodann abermals ein stärkeres Erdbeben und wiederum Undulationen, so dass das Haus auf dem Wasser zu schwimmen schien. Die ganze Erscheinung war begleitet von einem Getöse, wie das eines Windes. Viele auf offener Strasse befindliche Personen wollen gar nichts bemerkt haben, andere sagen das Gegentheil aus. Ein Entomologe, der zur Zeit am Mte. Zugna am linken Ufer des Torrente Lena sich befand, hat nicht das mindeste wahrgenommen, ebenso kein Anwohner des linken Ufers genannten Baches, während am rechten Ufer die Erscheinung beobachtet worden ist. Von dem Gewölbe einer Kirche

fielen einige Mörtelstücke. — Zwei Tage darauf um 2 Uhr Nachm. ein leichtes Schwanken, von Getöse begleitet. — Auch der Stoss vom 8. August wurde zu Roveredo empfunden. (v. Cobelli.)

Trient. Einige Minuten vor 5 Uhr ein starker Stoss mit fernem Donnergetöse, dann durch 30—35 Sec. ziemlich heftige, wellenförmige Schwankungen. Zugleich Scirocco. (Presse vom 2. Juli.) — Der Dom wurde so stark erschüttert, dass die Leute ins Freie flüchteten. (Wiener Ztg., 3. Juli.) — Um 4 Uhr 54 Min. die erste nach 25 Min. eine zweite schwächere Erschütterung. (Gaz. d. Trento.) Ähnliche Nachrichten sind aus Borgo, Levico und Pergine bekannt geworden.

Luserna. Um 4 Uhr 40 Min. zuerst leichte undulatorische, sodann sussultorische Stösse, Dauer 30 Sec. (Gaz. d. Trento.)

Civezzano. Ungewöhnlich starke Erschütterung; Glocken erklangen; ein Haus erhielt starke Sprünge. SO—NW. Dauer 8 Sec. (Gaz. d. Trento.)

Cavalese. Hier sah Prof. G. v. Rath einen Mauerriss, den einzigen im ganzen Dorfe jedoch (Neues Jahrb. f. Min. 1873, pag. 708.)

Neumarkt. 4 Uhr 55 Min. vernahm man anfänglich ein dumpfes Getöse, sodann eine immer mehr sich steigernde Erschütterung der Gebäude. Richtung muthmasslich N—S. Dauer 20—24 Sec. Die Kapuzinerkirche wurde dergestalt erschüttert, dass die Anwesenden entsetzt flüchteten. Einzelne zerbrechliche Hausgeräthe zerbrachen beim Aneinanderschlagen. Anderer Schaden geschah nicht. (Oberlehrer Krabacher.)

Branzoll. 4 Uhr 58 Min. verspürte man eine ziemlich heftige Erderschütterung in schnell aufeinander folgenden Stössen. Bilder und Spiegel bewegten sich, Thüren flogen auf und zu, Hunde heulten. Die auf der Etschlände aufgeschichteten Baumstämme kamen in Bewegung und rollten ins Wasser (Bozener Ztg., 30. Juni.)

Bozen. Die Bozener Ztg. vom 30. Juni schreibt: Gestern um 5 Uhr weniger 7 Min. wurden bei vollkommen heiterem Himmel und mässigem Winde vier sehr heftige Erdstösse, die 9 Sec. dauerten und deren Richtung SO—SW. (?) war, hier und in der Umgebung verspürt. Die Heftigkeit war eine derartige,

dass in den meisten Häusern die Glocken läuteten, dass hie und da Mauerrisse entstanden, dass Möbel sich hin und her bewegten, Bilder herabfielen und in einem Hause auch ein Camin eingestürzt sein soll. Leute, die sich gerade in der Pfarrkirche befanden, behaupten, dass die Bänke und Steinplatten derart gerüttelt wurden, dass man sich halten musste, um nicht umzufallen. Wie man aus St. Pauls berichtet, waren dort die Erdstösse besonders stark, so dass das Volk die Kirche verliess und der Schrecken, vermehrt durch das unheimliche Rollen unter der Erde, ein allgemeiner war.

Das Erdbeben nahm mehrere Secunden lang an Heftigkeit zu und dann wieder ab. Dumpfes Getöse. An den Wänden lehnende Gegenstände fielen um, auch kamen zahlreiche Mauerbeschädigungen vor. Seit Menschengedenken das stärkste Erdbeben. (B. f. T. u. V. Nr. 147.)

— In manchen Häusern standen die Uhren still. Richtung S—N. Dauer 12—15 Sec. (Neue fr. Presse, 1. Juli). — Endlich entnehme ich noch einer Mittheilung des Herrn Gymnas.-Dir. Pantke folgendes: Die Erschütterung war sehr stark, wellenförmig, dauerte circa 15 Sec., trat anfangs schwach auf und nahm nach und nach einen stossartigen Charakter an. Sie war begleitet von einem donnerähnlichen dumpfen Brausen. Die Richtung mag S—N. gewesen sein, da ich in meinem ostwestlich stehenden Bette hin und her gewälzt wurde, was bei Personen, die in einer südnördlichen Richtung zu Bette lagen, nicht der Fall war.

St. Ullrich in Gröden. Ziemlich heftige Erschütterung, so dass Wände und Möbel krachten. Richtung scheinbar SO—NW. (Bote f. T. u. V. Nr. 147.)

Um 5 Uhr eine Erschütterung in drei starken Stössen, um $^1/_2$6 Uhr eine zweite, jedoch ganz schwache und kurze. (Oberlehrer Metz.)

Klausen. Oberlehrer Rieder schreibt: Kurz vor 5 Uhr hörte ich ein Rollen, wie wenn unser Packträger seinen Karren auf die gepflasterte Strasse schleppte; darauf gerieth mein Bett in ziemlich bedeutende Schwankungen von O—W. oder umgekehrt. Andere hörten ein Gepolter auf dem Dachboden und hie und da, insbesondere am linken Ufer der Eisack geriethen Bilder

an der Wand in Bewegung und fingen Gläser an zu klirren. Dauer etwa eine halbe Minute.

Brixen. Die Erschütterung ziemlich stark. Freihängende Lampen bewegten sich von SO—NW. Vor den stärkeren Stössen war ein Rollen bemerkbar. (Lehrer Kugler.)

Mühlbach. Von hier sandte Lehrer Rienzner eine sehr eingehende Schilderung, wie folgt: Ich lag noch im Bette, als ich plötzlich ein sehr starkes Wirbeln an allen Fenstern und bald darauf einen so heftigen Stoss wahrnahm, dass ich glaubte, das Haus werde einstürzen. Ich glaubte anfänglich, es sei ein heftiger Sturmwind, sah jedoch bald, dass sich kein einziges Blatt an dem Baume vor dem Fenster bewegte. Die Fenster klirrten inzwischen fortwährend und dann kam wieder ein sehr heftiger Stoss. Es war ein Getöse, als ob ein Eisenbahnzug an dem Hause vorbeieile. Mit einem abermaligen sehr starken Stosse beschloss die Erscheinung. Die Dauer muss mindestens 30 Sec. betragen haben. In einem Hause wurde eine Thür aufgesprengt. Ein Bauer aus Vals erzählte, dass die an der Wand hängenden Ziegenglocken zu läuten begannen.

Brunnecken. Ein sehr bedeutendes Erdbeben. Vor dem Stosse ein starkes Sausen und Brausen. Schon am Abend vorher gegen 11 Uhr will man eine Erschütterung bemerkt haben. (Bote f. T. u. V. Nr. 147.) — Gläser klirrten, Bilder schwangen, Glocken schlugen an, Thüren sprangen auf. (Volksschulleiter Langger.)

St. Martin in Enneberg. Bedeutende Erschütterung. Richtung scheinbar SW—NO. Dauer 20 Sec.; dabei ein Getöse, wie es einer plötzlichen Bergablagerung eigenthümlich ist. Hausthiere zeigten eine gewisse Unruhe, Fenster klirrten, Glocken schellten, Wände zitterten. In Oberwielenbach nächst Brunnecken fielen Kerzen von den Altarleuchtern. (Oberlehrer Adang.)

Cortina d'Ampezzo. Starke Erschütterung. Auch der Stoss vom 27. Juli ward hier wahrgenommen.

Innichen. Eine Mittheilung von Oberlehrer Gotthard besagt etwa folgendes: Etwa 8 Min. vor 5 Uhr (Eisenbahnzeit) entstand plötzlich bei hellem Himmel und gänzlicher Windstille ein heftiges Sausen und Brausen, einem sehr starken

Sturmwinde ähnlich, dem nach einigen Sec. ein sehr starkes Zittern und Beben der Erde folgte. Dasselbe war aber nicht stossförmig, sondern continuirlich, dauerte circa $1^1/_2$ Minute, und zwar so heftig, dass die Leute aus der Kirche flohen. Die Richtung schien NO—SW. zu sein. — Auch in Sexten wurde die Bewegung wahrgenommen.

Sillian. Ziemlich starkes Erdbeben O—W. Auch in der Nacht schon sollen Erschütterungen bemerkt worden sein. (Bote f. Tirol u. Vorarlberg Nr. 147.) Zu Mittewald war nach Aussage eines Einwohners der Stoss so heftig, dass das Haus einzustürzen drohte, während in einigen naheliegenden Häusern gar nichts bemerkt worden war.

St. Jacob in Tefferecken. Die Erschütterung war derart, dass Fenster und Gläser klirrten und Bilder sich bewegten. N—S. wird als scheinbare Richtung angegeben. Dabei schien es, als ob man das Sausen eines Windes in weiter Ferne vernehme. Fünf Minuten später folgte noch eine Bewegung. Dauer 3—4 Sec. Intensität je nach den verschiedenen Beobachtungsorten sehr wechselnd. (Lehrer Schwingshakl.)

Prägraten. Erschütterung von 10—12 Sec. Dauer, bedeutender Stärke, gegen NW. gerichtet, von rollendem Getöse begleitet, ein schwaches Klirren der Fenster und ein Schwanken leicht beweglicher Gegenstände hervorrufend. (A. Kargruber.)

Windisch-Matrey. Einem von hier datirten Schreiben des Herrn Endlicher an Prof. Suess entnehme ich folgendes: Um 5 Uhr 8 Min. schreckten mich drei, wie ich glaubte, verticale Stösse aus dem Schlafe. Später erfuhr ich, dass auch mehrere andere Personen das Erdbeben und noch stärker als ich verspürt hatten. Sie sahen Gläser wanken, einen schweren Tisch sich bewegen und wollen ein der Erderschütterung vorangehendes donnerähnliches Geräusch gehört haben. Die Stösse sollen von O. gegen W. verlaufen sein. Auf dem circa 4000 Fuss hohen Gugenberge: $1^1/_2$ Stunde von hier wurde die Erschütterung von einzelnen Personen bemerkt, von anderen nicht. — Aehnliches bringt eine Mittheilung des Herrn Oberlehrers Staller, aus der sich ergibt, dass die Erschütterung nicht so bedeutend war, dass sie von allen Leuten beobachtet worden wäre, so zwar, dass man z. B. in der Kirche, sodann in Gebäuden aus Holz und zu

ebener Erde wenig oder nichts wahrnahm, hingegen die Bewegung in gemauerten Häusern und in höheren Stockwerken kräftig genug war, um Öfen wankend zu machen und Wasserkrüge zum Schwanken zu bringen: die Dauer wird mit 30 Sec., die Richtung als NO—SW. angegeben. Etwa eine halbe Stunde später wurde ein zweiter, kürzerer und schwächerer Stoss bemerkt.

Lienz. Um 5 Uhr 10 Min. deutliche, aus zwei ziemlich starken, durch eine Pause von einer Sec. getrennten wellenförmigen, von SW—NO. gerichteten Bewegungen bestehende Erschütterung, ohne Getöse. (Deutsche Ztg., 6. Juli.)

— Das Erdbeben verursachte das Gefühl eines in nächster Nähe vorbeifahrenden schweren Lastwagens, jedoch ohne Getöse, dauerte 40—50 Sec. und war im Anfange und am Ende der Dauer ein besonders heftiges Zittern. In höheren Gegenden und höheren Stockwerken wurde es stärker empfunden als zu ebener Erde und im Thale. Hausglocken läuteten, Bilder wurden bewegt, Uhrgewichte kamen in Schwingung, viele Personen wurden aus dem Schlafe geweckt. Zwei Personen wollen bereits um 10 und um 12 Uhr in der Nacht ein leises Zittern der Erde wahrgenommen haben. (Volksschulleiter Titus.)

8. Kärnten.

Döllach. Um 5 Uhr M. sehr starke Erderschütterung, die in mehreren Stössen und Schwankungen ungefähr drei Minuten dauerte. (Lehrer Koban.)

Goldzeche und Zirmsee. Starkes Erdbeben, eigenthümliches Geräusch des Gletschers, Stücke der Gletscherwand fallen ab. (Zeitschr. d. österr. Ges. f. Meteorologie 1873, Nr. 14.)

Obervillach. Erdbeben. (Zeitschrift d. österr. G. f. M., Nr. 14.)

Maltein. Sehr starkes Erdbeben von NO. (Ebenda.)

Oberdrauburg. Bedeutende Erschütterung, so dass hängende und stehende Gegenstände in Bewegung geriethen; mehrere Stösse. (Lehrer Dragatin.)

Kornat. Um 5 Uhr 10 Min. 20 Sec. Erdbeben von W.—O., Geräusch wie von fahrenden Wägen; Gläser und Kochgeschirre stossen klirrend aneinander. (Zeitschr. d. ö. G. f. Met., Nr. 14.)

Tröpolach. Um 5 Uhr 20 Min. Erdbeben von S—N., Dauer 6 Sec., freihängende Gegenstände wie vom Winde bewegt, Gebäude zitterten, so dass ängstliche Leute ins Freie stürzten. Man hat noch nie ein so starkes Erdbeben verspürt. (Ebenda.)

St. Hermagor. Einem recht eingehenden Berichte des Herrn Lehrers J. Lach ist das Nachstehende entnommen: Um $5^1/_4$ Uhr M. erfolgten zwei ziemlich heftige Stösse, und zwar getrennt durch einen Zwischenraum von 6—10 Sec. Diese Stösse erfolgten nach meinem Dafürhalten in der Richtung von S—N., welchen Umstand ich mir aus folgendem erkläre: Herr J. Moro, Postmeister, lag am angegebenen Morgen völlig wach im Bette und las in Zimmermann's „Erdball". Kurz vor dem ersten Stosse legte er das Buch auf die auf dem Nachtkästchen befindlichen beiden anderen Bände gedachten Werkes. Da erfolgte plötzlich der Stoss und der ganze „Erdball" fiel vom Kasten, und zwar nach der südlichen Richtung. Gleich darauf folgte der zweite Stoss. Beide waren so stark, dass der Postmeister befürchtete, das Haus werde einstürzen. Zwischen beiden Stössen schien die ganze Erde zu zittern. Ein anderer Herr wurde in seinem Bette wach gerüttelt, welches Bett in der Richtung N — S. steht; da nun der Betreffende in westöstlicher Richtung gewiegt wurde, hielt er dafür, die Stösse seien von O—W. gerichtet gewesen. In Rattendorf stand ein Bauer, als der Stoss erfolgte, vor seinem Hause; er bemerkte, dass die Spitze des Thurmes schwankte. In Jedersdorf läutete in der Mühle die Glocke und in Weissbriach bekam das neugebaute Haus des Herrn Socher erhebliche Risse.

Greifenberg. Von hier ist ein in ähnlicher Weise ausführlicher Bericht eingetroffen, der vom Lehrer J. Geitschacher herrührt und beiläufig das Folgende besagt: Der erste Stoss war ziemlich heftig, so dass Gegenstände wie ein apfelförmiges Stück Seife und eine Ahle mit walzenförmigem Hefte vom Tische gegen Süden hinabrollten. Die gegen W. gekehrten Fensterscheiben klirrten ungemein und die an der nördlichen Zimmerwand hängende Guitarre schlug 6- oder 7mal gegen diese. Das durch den ersten Stoss hervorgebrachte Zittern des Erdbodens dauerte etwa 10—15 Sec. Hierauf trat eine

Pause von c. 40 Sec. ein und der zweite Stoss war nur mehr schwach und kurz. Die Stärke ist je nach der verschiedenen Unterlage eine sehr veränderliche gewesen. Insbesondere diesseits der Drau, wo sehr häufig die Häuser auf Schutt erbaut sind, war die Bewegung eine derartige, dass die Leute voll Schrecken aus den Betten sprangen und in Käfigen gehaltene Vögel ängstlich flatterten. Jenseits der Drau, d. i. am rechten Ufer, wo viele Häuser auf Lehm- oder Thonboden stehen, wurde das Erzittern kaum besonders merklich beobachtet. Die Zahl der Stösse wird übrigens verschieden (von 2—5) angegeben.

Berg bei Greifenburg. Drei Stösse hintereinander, Klirren der Fensterscheiben, Federn des Schlagwerkes von Uhren schlugen aneinander und an die Wand. (Zeitschr. d. österr. Gesellsch. f. Meteorologie, Nr. 14.)

Sachsenburg. Um 5 Uhr 15 Min. Erschütterung von S—N., Dauer 5 Sec. Leuchter stossen aneinander. In Greifenburg und Spital soll das Schwanken drei Minuten gedauert haben. (Ebenda.)

Millstatt. Geräusch, dem Dahinrollen eines Eisenbahnwaggons gleich; Bewegung der Möbel. Dauer 15—20 Sec. Zu ebener Erde wohnende Personen haben nichts vernommen. Der Fischer, welcher zur Zeit am Seeufer stand, sagt aus, es sei ihm gewesen, als ob er plötzlich betäubt worden wäre und nicht mehr fest stehen könne; der See kam in schwache Bewegung und von seinem Grunde stiegen zahlreiche Luftblasen auf. (Oberlehrer Unterluppauer.)

Gmünd. Um $5^1/_2$ Uhr eine sehr starke Erschütterung in der Dauer von 6—8 Sec. (Lehrer Stiegler.)

Weitensfeld. Um 5 Uhr 18 Min. ein dumpfes, ein paar Sec. andauerndes Rollen, auf das zwei ziemlich heftige Stösse durch eine Zwischenzeit von 2—3 Sec. geschieden, folgten, so dass die Fensterscheiben klirrten, einige sogar sprangen. Vom Plafond bröckelte Mörtel herab und Wasser in Gefässen gerieth ins Schwanken. Nach dem zweiten Stosse erhob sich ein Wind, der einer auf der Strasse befindlichen Frau den Hut senkrecht in die Höhe hob und kaum eine Minute dauerte. (Lehrer Krieb.)

St. Veit. Starke Erderschütterung. (Lehrer Jesch.)

Klagenfurt. Um 2 Uhr und 5 Uhr wurden Erdstösse wahrgenommen. (Presse vom 1. Juli.)

Um 5 Uhr ein starker, von W—O. sich fortpflanzender Erdstoss beobachtet, der an drei Sec. dauerte und nach einigen von dumpfem donnerähnlichem Rollen begleitet war. (Neue freie Presse vom 1. Juli.)

Genau um 5 Uhr 21 Min. blieb die Uhr im Telegraphenamte stehen, deren Pendel O—W. schwingt. Oscillirende Bewegung in zwei Absätzen, Dauer 5—10 Sec. Knarren im Zimmer, Klirren von Gläsern, Mörtel fällt ab. (Z. d. öst. G. f. Met. Nr. 14.)

— Ausser diesen Nachrichten ist auch von Herrn Gymnas.-Dir. Gehmann (?) eine detaillirte Mittheilung eingetroffen, deren wichtigste Punkte folgende sind: Ich wurde plötzlich aus dem Schlafe gerüttelt und vernahm erwachend ein orkanähnliches Brausen durch die Zimmer, in denen alle Thüren und Fenster geöffnet waren, wobei ein unterirdisches donnerartiges Rollen noch zu meinen Ohren drang. Ich sprang auf, um die Fenster zu schliessen, aber weder diese noch die Flügelthüren bewegten sich, die Luft war äusserst ruhig. Das seltsame Anschlagen des Perpendikels an das Glas meiner Pendeluhr fiel mir auf, das Gewicht bewegte sich hin und her und kam fast bis an die Seitenfläche des Glases. Die Uhr ist gegen O. gerichtet. Auch Prof. H. Höfer ist durch vielfache Erkundigungen über das Verhalten der Pendeluhren zur Ueberzeugung gelangt, der Stoss sei in SN.- oder NS.-Richtung erfolgt. Zudem hat Prof. Höfer die Erfahrung gemacht, dass die Pendeluhren in einzeln stehenden Häusern fast durchwegs, in Häusercomplexen dagegen kaum afficirt wurden. Inspector Seeland behauptet im Gegentheil zu obigem, der Stoss müsse von O—W. gegangen sein. — Ich will noch erwähnen, dass der Thürmer der Stadtpfarrkirche von Klagenfurt sehr bestimmt angab, die Richtung des Stosses sei W—O. gewesen und dabei habe die Nordseite des Thurmes am stärksten gebebt.

St. Kanzian. Erdbeben von NO—SW.; Dauer 6 Sec. (Z. d. öst. G. f. Met. Nr. 14.)

Obir. Erdbeben, Brummen im Berg. (Ebenda.)

Gottesthal. Erst horizontal, dann ein Stoss vertical. (Ebenda.)

Rosegg. Um 5 Uhr 8 Min. ein etwa acht Sec. andauerndes, anfänglich in schnelleren, dann in gedehnteren Schwingungen von SW—NO. auslaufendes Erdbeben, leichte Gegenstände in Oscillation setzend. Schall wurde keiner wahrgenommen. (Lehrer Michorl).

Villach. Stösse von S—N., ziemlich heftig. (Presse vom 2. Juli.)

Nach Mittheilung des Gymnasial-Lehrers Lang durchaus nicht bedeutend in drei Stössen. Andere wollen eine heftigere Bewegung empfunden haben. Kleine Gegenstände sollen von Tischen herab, übereinander gelegte Teller umgefallen sein. Ziemliches Schwanken der Betten, Klirren von Gläsern und hangenden Schlüsseln.

Bleyberg. Nach an Ort und Stelle eingezogenen Erkundigungen von bedeutender Stärke. Nach dem Schwanken von Wasser in einem Glase die Richtung als SW—NO. bestimmt.

Bad Villach. Ziemlich kräftiges Schwanken der Betten. Die Therme ungestört.

Arnoldstein. Unbedeutendes Schwanken der Betten, im höher liegenden Schlosse stärker. Zwei Stösse. (Lehrer Glanzer.)

Seifnitz. Richtung von NW. (Zeitschr. d. öst. G. f. M. Nr. 14.)

Malborgeth. Ziemlich heftig. Schaukeln der Betten. Auch soll schon vor 12 Uhr und nach 1 Uhr in der Nacht eine Erschütterung stattgefunden haben. (Lehrer Unterkreuter.)

Raibl. Nach Aussage mehrerer Personen ganz unbedeutend. Ebenso in Predil.

Aus Wolfsberg und Lavamünde sind Nachrichten eingegangen, die jede Erscheinung aufs bestimmteste in Abrede stellen.

9. Krain.

Weissenfels. Um 5 Uhr 15 Min. in der Richtung von SW—NO. eine drei Sec. anhaltende Erschütterung, der ein Getöse vorausging und nachfolgte. (Lehrer Zibert.)

Krainburg. Um 5 Uhr 6 Min. erfolgten drei wellenförförmige Erschütterungen, wie es schien, von S—W. oder NW.,

die letzte so stark, dass Einrichtungsstücke wankten, Gläser in den Kästen zusammenschlugen, sogar umstürzten, Hausthiere, besonders Stubenvögel, grosse Unruhe zeigten. (Lehrer Cebin.)

Radmannsdorf. Um 5 Uhr M. vier starke wellenförmige Bewegungen von W—O. (?) beobachtet. (Zeitschr. d. öst. G. f. Meteorologie, Nr. 14.)

Laibach. Um 5 Uhr 7 Min. zwei starke Erdstösse von W—O., mindestens drei Sec. anhaltend. In vielen Häusern läuteten die Glocken, einzelne Dachziegel rollten herab, besonders am alten Markte, in der Gradischa und anderen Vorstädten; in einzelnen Häusern krachte das Gemäuer und es kamen sogar Mauerrisse vor. Auch in der Umgebung, namentlich im Walde hinter dem Tivoli-Schlosse und in Oberrosenbach, waren beide Erdstösse sehr merkbar. (Wiener Abendpost vom. 1. Juli.)

— Die Schwingungen gingen von O—W. und der erste Stoss dauerte circa 5 Sec.; ihm folgten nach einem Intervalle von 8—10 Sec. zwei weitere, ebenfalls 5 Sec. dauernde Stösse. Gläser und Carafen, ja sogar ein schwerer Glaskrug wurden von der Stelle gerückt, während ein auf demselben Tische befindliches hölzernes Schreibzeug auf seinem Platze blieb. (Neue freie Presse vom 1. Juli.)

— In Laibach wurde Abends vorher um 10 Uhr 15 Min. ein leichtes Erdbeben und um 2 Uhr in der Nacht ein unterirdisches donnerähnliches Rollen beobachtet. (Deutsche Ztg., 1. Juli.)

Adelsberg. Das Erdbeben wurde wahrgenommen, die Intensität der Stösse war jedoch gering, Thüren und Fenster klirrten, eine Glocke ertönte. Richtung N—S., Dauer 20 Sec. (Mittheil. von Herrn Mally.) — Zeit 5 Uhr 16 Min. (Z. d. ö. G. f. M.)

Gottschee. Drei Stösse, wovon der dritte der stärkste (Lehrer Böhm.)

Landstrass. Um 5 Uhr 10 Min. ziemlich heftiges Erdbeben bei unbewölktem Himmel und mässig starkem Winde. Drei bis vier starke Erschütterungen, von NW—SW. (?) (Lehrer Jerom.)

10. Kroatien.

Krapina-Töplitz. Man schreibt der Neuen fr. Presse (Abendbl., 1. Juli): In der Nacht vom 28. zum 29. Juni verspürte man hier ein Erdbeben. Der erste Stoss fand statt um 11 Uhr Nachts, der zweite nach 3 Uhr M. Der letztere war der stärkere. Die Möbel schwankten, das Gebälke krachte, die Betten schaukelten. Die Thermen zeigen bisher nicht die geringste Störung.

— Von der löbl. Badeverwaltung ging folgendes Schreiben ein: Die Erschütterungen waren sehr schwach und wurden nur von Wenigen bemerkt. Die erste erfolgte kurz vor Mitternacht, dauerte kaum ein paar Sec. und verursachte nur ein geringes Krachen der Möbel; die zweite um ½3 Uhr M. soll ebenso gewesen sein, wurde jedoch nur von den Wenigsten als solche erkannt; die letzte endlich erfolgte um ½6 Uhr M. und war etwas stärker als die früheren. Schwacher NO.-Wind, Himmel unbewölkt.

Karlstadt. Um 5 Uhr 26 Min. wurde bei heiterem, wolkenlosem Himmel ein heftiges Erdbeben verspürt, das minutenlang anhielt, so dass die Möbel krachten, die Fenster klirrten und eine Lampe so heftig geschüttelt wurde, dass der Cylinder sprang. Den stärkeren und längeren Stössen folgten mehrere schwächere und kürzere. (Abendbl. d. N. fr. Presse, 1. Juli.)

— Ein Brief von Herrn Gymnas.-Dir. Bartulic vervollständigt diese Nachrichten: Auf die erste heftige Erschütterung folgten mehrere minder heftige, sodann wieder eine, die der ersten an Intensität vollkommen gleich kam, und darauf nochmals schwächere. Die Gesammtdauer mag ungefähr zwei Min. betragen haben. Fenster klirrten, Möbel schwankten, viele Uhren blieben stehen, ein mit Läuten beschäftigter Mann lief ins Freie, da er glaubte, der Thurm stürze ein. An einigen Orten bekamen die Mauern Risse.

Fiume. Die Erschütterung soll hier sehr stark gewesen sein, doch ist uns Näheres darüber nicht bekannt geworden.

11. Küstenland.

Pola. Um 5 Uhr 6 Min. ziemlich starke Erderschütterung durch drei Sec. (Zeitschr. d. ö. G. f. Met., Nr. 14.)

Triest. Um 5 Uhr eine heftige, mehrere Sec. andauernde Erschütterung wahrgenommen; in mehreren Häusern zeigen die Mauern Risse. (Abendbl. d. N. fr. Presse, 30. Juni.)

— Um 5 Uhr wellenförmige Erderschütterung mit grossem Getöse, so dass die Bewohner auf die Gassen flüchteten. Gläser klirrten, Bilder fielen zu Boden, mehrere Häuser bekamen Risse. (Bote f. Tirol u. Vorarlberg Nr. 149.)

— Herr Dr. Paugger berichtet der Zeitschr. d. ö. Ges. f. Meteorologie (Nr. 14). Seit kurzem wach im Bette liegend, bemerkte ich deutlich die ersten langwelligen Bewegungen, deren Dauer etwa 4 Sec betragen mochte. Nach Verlauf von weiteren 6 bis 7 Sec. erfolgte ein stärkerer Stoss, allmälig sich steigernd, heftig schüttelnd und sich allmälig wieder verlierend. Die Dauer der stärksten Erschütterung, während welcher Thüren, Fenster und Möbel ächzten und das ganze Haus stark oscillirte, schätze ich auf 4 Sec. Die Bewegung war deutlich erkennbar eine wellenförmige in der Richtung OSO—WNW. Die Erscheinung war von einem unterirdischen Getöse, ähnlich einem sehr fernen Donnerkrache, begleitet. Die Luft war ruhig, der Himmel heiter. Es war genau 5 Uhr 5 Min. mittlere Triester Zeit. Die an der Zimmerdecke hangende Lampe machte noch nach 7 Minuten Schwingungen in der obengenannten Richtung. Eine nicht ganz fest geschlossene Doppelflügelthür meiner Wohnung, die gegen NW. gekehrt ist, hatte sich ganz geöffnet. Genau eine halbe Stunde nach der heftigen Erschütterung beobachtete ich nochmals schwache Schwingungen in derselben Richtung.

Görz. Dauer 15 Sec., Richtung NW—SO. (Abendbl. d. N. fr. Presse, 30. Juni.)

— Mehrere rasch aufeinander folgende Stösse, die so heftig waren, dass sie Zimmergeräthe ins Schwanken brachten, Thüren aufsprengten und in den Mauern einiger alter Häuser bedenkliche Risse hervorbrachten. Zu den stärksten Erdbeben gehörend,

die seit längerer Zeit hier beobachtet worden sind. (Deutsche Ztg., 1. Juli.)

— Besonders an höheren Punkten (Castell und Castagnavizza) stark. (Presse, 2. Juli).

Um 5 Uhr 5 Min. ziemlich starke Erderschütterung mit wellenförmiger Bewegung von NW—SO. in der Dauer von 15 Sec. (Zeitschr. d. ö. Ges. f. Met. Nr. 14.)

— Endlich entnehme ich einem Schreiben des Herrn Gymnas.-Dir. Schaffenhauer noch folgendes: Um 5 Uhr 5 Min. erfolgten die ersten schwachen Erschütterungen; bald wurden sie stärker und ein mächtiges Gepolter begleitete sie, das sich mit dem Rollen eines gewaltigen hölzernen Karrens auf sehr holperigem Wege oder mit dem Getöse eines auf schlechter Bahn dahinfahrenden Eisenbahnzuges vergleichen liess. Das ganze Gebäude wankte, das Bett schaukelte wie eine Wiege und ringsum knisterte, knarrte und krachte es anhaltend; etwa 15 Sec. mag die Dauer des Bebens betragen haben. In der Stadt herrschte allgemeine Angst, denn eine solche Bewegung hätten die Gebäude nicht lange mehr aushalten können. Indessen geschah ausser einigen unbedeutenden Mauerrissen nichts. In der Angabe der Richtung herrscht vollkommene Uebereinstimmung; sie ist NO—SW. oder umgekehrt. Das Quecksilber eines Barometers befand sich anderthalb Stunden später noch in sehr bemerkbarer Oscillation.

12. Italien.

Ich lasse nun die wenigen Angaben folgen, die mir über die Verbreitung der Erschütterung gegen Süden bekannt geworden sind. So spärlich dieselben auch sind, sie geben doch ein annäherndes Bild von der Ausdehnung nach dieser Richtung, zumal kaum anzunehmen ist, dass sich die Stösse noch beträchtlich über die äussersten der angegebenen Orte fortgepflanzt haben werden. Diese am weitesten entlegenen Orte sind Livorno und Genua (Tagespresse vom 8. Juli); nächst diesen Mailand, wo zwei Stösse wahrgenommen wurden (Wiener Ztg. 3. Juli), Urbino und Rimini. (Deutsche Ztg., 1. Juli.) Auch aus Bologna wurden zwei Stösse gemeldet (Wiener Ztg., 3. Juli).

Dasselbe gilt für Modena. Zu Mantua beobachtete man die Bewegung ebenfalls.

Verona. Um 5 Uhr M. zwei Erderschütterungen, deren zweite sehr heftige 12 Sec. dauerte. Einige Häuser wurden beschädigt, eine Person verwundet. (Abendbl. d. N. fr. Presse, 30. Juni.)

Alle Hausglocken läuteten, zwei Kamine stürzten ein und viele Häuser bekamen Risse. (Abendbl. d. deutschen Ztg., 3. Juli.)

Padua. Um 4 Uhr 58 Min. ein sehr starkes lang andauerndes Erdbeben, wohl an 15 Sec. oder mehr; im Observatorium blieben 5 Pendeluhren stehen, und zwar eine solche, die von W—O., eine zweite, die von NNO—SSW., eine dritte, die von OSO—WNW. schwingt, während die beiden letzten N—S. schwingen. Die Vibriationen waren im Ganzen undulatorisch, zum Theil jedoch auch sussultorisch. Richtung von OSO nach WNW. (Gazetta di Trento.)

Battaglia. Um 5 Uhr Mittags ein zwei Minuten anhaltendes heftiges Erdbeben, das jedoch keinen Einfluss auf die Thermen übte. Die Stösse waren von donnerähnlichem Getöse begleitet. (Abendbl. d. N. fr. Pr., 30. Juni.)

Venedig. Um 5 Uhr heftige, 30 Sec. lang anhaltende Erschütterung, und zwar in einer Reihe rasch aufeinander folgender Stösse, in der Richtung O—W., am besten vergleichbar den Bewegungen im letzten Waggon eines Eisenbahnzuges auf holperigem Schienenwege. Dumpfes Getöse, Klingen von Hausglocken und Gläsern; Pendeluhren, die gegen O. oder W. gekehrt sind, blieben stehen, gegen S. oder N. gekehrte jedoch nicht. (Presse vom 2. Juli.)

— Einige Stücke des Maueranwurfes der Peterskirche fielen herab, was einen panischen Schrecken verursachte. (Abendbl. d. deutsch. Ztg., 3. Juli).

Treviso. Starkes Erdbeben, wodurch viele Gebäude beschädigt wurden. (Tagespresse, 3. Juli.)

Starkes Erdbeben, das jedoch keinen Schaden verursachte. (Abendbl. d. Deutsch. Ztg., 3. Juli.)

Agordo. Der Stoss war stark empfunden, jedoch ohne zu schaden. (Provincia di Belluno.) Dasselbe gilt für Cadore, Venas, Perarolo und Longarone. (Ebenda.)

Feltre. Hier sind schon einzelne Beschädigungen, die in fast durchaus gänzlich verticalen Mauerrissen bestehen, insbesondere in jenem Stadttheile, der an der Strasse nach Treviso liegt. Doch sind dieselben viel zu unbestimmt, um zu einer Bestimmung der Stossrichtung dienen zu können. Dasselbe gilt für die Beschädigungen, auf welche man in den in der Richtung gegen Belluno zu liegenden Ortschaften Formegan, Santa Giustina und Sedico stösst. Dass in diesen dem Centrum der Erschütterung schon so nahe liegenden Orten dieselbe bereits eine äusserst heftige war, braucht wohl kaum hervorgehoben zu werden.

Das engere Erschütterungsgebiet.

Es unterlag von allem Anfange an nicht dem mindesten Zweifel, wo dieses zu suchen sei. In wie gewaltiger Entfernung auch die Stösse, insbesondere der Hauptstoss vom 29. Juni fühlbar waren, die verheerenden Wirkungen des Erdbebens blieben auf einen verhältnissmässig kleinen Raum beschränkt, auf welchem indessen die Kraft der Zerstörung desto furchtbarer auftrat. Dieses Haupterschütterungsgebiet lässt sich ziemlich scharf abgrenzen. Es liegt am äussersten Rande der Alpen gegen die venetianische Ebene, zum grössten Theile noch im Gebirge selbst, nur zum geringsten schon im flachen Lande. Es wird, bevor ich zur Aufzählung der Beobachtungen übergehe, vielleicht hier die passende Stelle sein, eine kurze Schilderung der geologischen Verhältnisse des betroffenen Gebietes einzuschalten. Dasselbe wird zunächst von einer mächtigen Bergkette mitten durchschnitten, welche von SW. gegen NO. streicht und ihrer Hauptmasse nach aus Rudistenkalk besteht. Die auf der beigegebenen Karte angedeuteten Berggipfel des Mte. Cesen, Mte. Neppe, Col de Moi, Mte. Ardo, Mte. Cor, Mte. Pizzoc und Col Maggior bezeichnen ihre Erstreckung. Ihre Abdachung gegen NW. ist eine sehr allmälige, gegen SO. dagegen stürzt sie steil ab und wird hier zum Theil durch das Thal des Soligo begrenzt, jenseits dessen sich noch ein paralleler Zug von Nummulitenkalk erhebt, an den sich gegen S. hin ein plateauförmiges Hügel-

land von pliocänen Bildungen anschliesst. Den Rand dieses Pliocänplateaus deuten die Ortschaften Ceneda, Conegliano, Collalto und Pieve di Soligo an; fast genau in seiner Mitte liegt San Pietro di Feletto. Wir kehren indess zu dem Kalkgebirge zurück. Dasselbe wird in der Richtung von Serravalle gegen Sta. Croce von einem fast 3 Stunden langen, äusserst tiefen, beiderseits von steilen Wänden begrenzten spaltenähnlichen Querthale durchsetzt, zu dessen beiden Seiten der Kreidezug seine bedeutendste Höhe erreicht (Col Vicentin fast 5500′). Betritt man dieses Thal von Serravalle aus, so übersieht man mit einem Blicke die ganze Längserstreckung desselben. Der Thalboden erhebt sich zunächst sehr allmälig gegen Norden. Zwei kleine Seen liegen im untersten Theile. Dann folgt eine bedeutendere Erhebung, auf welcher der Lago morto liegt. Nördlich von diesem steigt das Terrain plötzlich sehr steil an und bildet einen schmalen Grat, der das Dorf Fadalto trägt, den Grenzort der Provinzen von Treviso und Belluno. Im Norden fällt der Berg von Fadalto eben so plötzlich gegen das weite, kesselförmige Thal von Alpago, dessen südlichster Theil gänzlich von dem See von Santa Croce erfüllt wird. Im Osten der Thalspalte von Fadalto erweitert sich der Kreidezug zu einem fast quadratischen, nach allen Seiten steil abstürzenden Plateau, dessen grösster Theil von dem ausgedehnten Bosco del Cansiglio eingenommen wird. An der Nordostecke dieses Kreideplateaus aber thürmen sich höhere Bergmassen empor, welche in einem mächtigen Bogen die Ost- und Nordseite des Alpagogebietes umsäumen, mit dem Mte. Dolada an die Piave herantreten und, sich am rechten Ufer derselben abermals erhebend, von da aus parallel dem Flusse gegen SW. fortsetzen. Dieser ganze gewaltige Bergzug, der stellenweise die Höhe von 7000′ erreicht, besteht vom Mte. Cavallo an bis zu den Bergen um Feltre und darüber hinaus der Hauptmasse nach aus Jurakalken, die ihre Schichtflächen insgesammt dem Thale zukehren. Bei Feltre schieben sich diese Juraberge wieder nach Süden vor und kommen auf diese Weise im Mte. Tomatico, Mte. Avien, Mte. Gruppa und Col di Fasolè (der letztere am linken Piaveufer) in die unmittelbare Fortsetzung der Richtung des zu Anfang erwähnten Kreidekalkzuges zu liegen. Solchergestalt entsteht

eine ringsum von hohen Bergen umschlossene Mulde, deren längste Axe etwa 6 Meilen beträgt und sich von Feltre im SW. bis zur nordöstlichen Ecke des Gebietes von Alpago erstreckt; die grösste Breite wird etwa 2 Meilen betragen. In dieser Mulde liegen ziemlich horizontal Nummulitenkalkschichten, die zum Theil von miocaenen Gebilden und Diluvialschotter bedeckt sind. Aus diesem Thale führen nur einige schmale Querthäler nach aussen. Im Norden tritt die Piave aus einer mächtigen Querspalte zwischen dem Mte. Serva und Mte. Dolada in das Gebiet ein, durchfliesst dasselbe fast der gesammten Länge nach und wendet sich noch vor Feltre wieder gegen Süden, um abermals das Gebirge zu durchbrechen und die Ebene zu erreichen. Die grosse Querschlucht des Piave aber, die von Cadone bis Ponte nelli Alpi herab das Gebirge durchschneidet, setzt in wenig abweichender Richtung nach Süden fort, und diese Fortsetzung ist nichts Anderes, als die schon oben erwähnte Thalspalte von Fadalto-Serravalle. Prof. G. v. Rath erzählt (Neues Jahrb. f. Min. 1873, pag. 706), es existire in der Gegend von Belluno eine alte Sage, der zufolge die Piave einst durch das Thal von Santa Croce und Fadalto geflossen sei, bis ein gewaltiger Bergsturz bei Cima Fadalto die Thalsohle erhöht und den Fluss gezwungen habe, seinen Lauf zu ändern. Die Möglichkeit eines solchen Ereignisses liegt in der That sehr nahe, zum mindesten ist es gewiss sehr wahrscheinlich, dass einst der Abfluss der Gewässer des Alpagothales jenen Weg verfolgt haben mag, anstatt sich in so eigenthümlicher Weise, wie dies thatsächlich geschieht, nach Norden zu wenden und in die Piave zu ergiessen. Die Orte, welche am stärksten betroffen wurden, liegen im Thale der Piave und zwar an der Stelle, wo der Fluss aus der Gebirgsspalte, die seinen Oberlauf bildet, heraustritt, ferner, und zwar hauptsächlich im Gebiete der fünf Gemeinden von Alpago, östlich von Belluno, und endlich in der Umgebung von Ceneda im Süden. Es sind folgende: Belluno mit seinen „frazioni aggregate“ Visome, Cavessago; Cusighe und Nogarè, Sargnan, Campago, Castion, Pedicastello; Capodiponte mit den zugehörigen Polpet, Cadola, Sochèr, Arsiè, Raveane und Casan; Pieve d'Alpago mit Torres, Curago, Plois, Villa, Quers, Tignes, Garna, Schiucaz; Chiès d'Alpago mit Lamosano,

Montanes und Jrrighe; Tambre mit Valdinogher, Borsoi; Farra d'Alpago mit Santa Croce; Puòs mit Condenzan und Bastia; Fadalto; Ceneda und die umliegenden Ortschaften Capella, Sarmede, Fregona, Cordignano und San Pietro di Feletto.

Ich werde nun im Folgenden, nach der angeführten Reihenfolge vorgehend, die in den von mir besuchten Orten gemachten Beobachtungen anführen und soweit, dies möglich ist, einige Anhaltspunkte für die Bestimmung der Stossrichtung, um welche es sich wohl hauptsächlich handelt, zu gewinnen suchen.

Belluno und Umgebung.

Die Stadt Belluno liegt auf einer aus diluvialem Conglomerat gebildeten schmalen Landzunge, welche in SW. von der Piave, im O. von dem sich hier in erstere ergiessenden Torrente Ardo umflossen wird. Ziemlich hoch über den breiten sandigen Flächen dieser Flussläufe erhebt sich die Stadt, und das sie tragende Plateau stürzt fast überall gegen die Flüsse sehr steil ab. Nach NW. hin erweitert es sich dagegen zu einer ausgedehnten Fläche, La Favola genannt, von wo es langsam gegen das Gebirge ansteigt. Unmittelbar an den Flussufern selbst, also viel tiefer als die Stadt, liegen die sogenannten Sobborghi, und zwar am Torrente Ardo etwas unterhalb der Brücke, über welche die von NO. kommende Strasse führt, der Borgo del Pra oder di San Lucano und an der Vereinigungsstelle des Ardo mit der Piave der Borgo di Piave. Der Schaden, welchen Belluno erlitten hat, ist ein sehr beträchtlicher. Zwar ist die Anzahl der sogleich zusammengestürzten Häuser nicht bedeutend, aber es findet sich auch andererseits kaum ein Gebäude, das nicht wenigstens einigermassen gelitten hätte. Risse und Spalten fehlen nirgends, abgeworfene Ecken sind eine nicht seltene Erscheinung und gestützte Mauern sind so zahlreich, dass die meisten der ohnedies engen Gässchen kaum passirbar waren. Im Innern der Häuser sind die Verwüstungen noch bei weitem ärger, als es von aussen scheinen möchte, und man wird kaum eines finden, dessen Mauern nicht mit schweren Eisenschliessen versehen

wären. Das alles gilt besonders für die eigentliche Stadt. Von 508 Häusern sind 8 zerstört, 110 derartig beschädigt worden, dass sie zum Niederreissen bestimmt werden mussten; weitere 139 haben starken Schaden erlitten, sind indessen noch wieder herzustellen und alle übrigen haben leichtere Beschädigungen davongetragen. Bei weitem günstiger gestalten sich die Verhältnisse in den Unterstädten, von deren 242 Häusern nur zwei zum Niederreissen bestimmt wurden, während sich unter den übrigen noch 21 stärker beschädigte befinden. Weit ärger sind die umliegenden Ortschaften (frazzioni aggregate) mitgenommen worden, welche von 1260 Gebäuden 15 gänzlich zerstörte, 66 dem Niederreissen verfallene und 243 stark beschädigte haben. An Menschenleben sind zu Grunde gegangen in der Stadt sechs, in Visome zwei, Sargnan eines und Campago eines.

Der beigegebene Plan des Centrums der Stadt zeigt die bedeutenderen Beschädigungen an den Gebäuden. Beginnen wir im Osten, so ist es zunächst das an die Kirche San Stefano angrenzende grosse Gebäude (1 des Planes), welches mehrere horizontale Risse über den Fenstern, nebstdem aber auch einige verticale und unter 45 Grad geneigte nach unten sich der Ostecke nähernde Risse zeigt. Sehr ähnliche Risse weist das gerade gegenüberliegende Haus auf. Diese beiden Gebäude gehören zu den wenigen der Stadt, welche andere als schief verlaufende Risse aufzuweisen haben. In der Contrada Carrera sind die Beschädigungen zwar allgemein, aber nicht sehr bedeutend, zwei der Häuser sind auch gestützt. Am Eckhause dieser Strasse gegen die Strada dei Jesuiti zeigt sich ein System von Rissen, wie sie als die am meisten verbreiteten und für Belluno geradezu typischen gelten können. Es sind diess Risse, die in diagonaler Richtung zwei aufeinander senkrecht stehende Wände durchsetzen und von beiden Seiten gegen die Kante, in welche die beiden Wände zusammenstossen, convergiren, zudem aber noch in ganz auffälliger Weise in ihrer Bildung von den Fensteröffnungen beeinflusst werden. Die Gassenfront des Hauses Nr. 152 (3 des Planes) zeigt unter 45 Grad gegen SW. einfallende Sprünge in ziemlich grosser Zahl und genau ebenso das gegenüberliegende Haus (4), bei dem jedoch auch auf die erstere Richtung rechtwinklig verlaufende sich einstellen. Die gegen

den Hauptplatz gewendete Seite des Eckhauses ist nicht im mindesten beschädigt. Die grosse Kaserne in der Strada dei Jesuiti ist an der NW.- und SO.-Ecke ganz ohne Beschädigung geblieben, die SW.-Ecke dagegen zeigt die schon erwähnte Art von gegen die Kante convergirenden Rissen (Taf. I, Fig. 1). Ganz in derselben Weise hat die Erschütterung ihre Spuren zurückgelassen an dem einige hundert Schritte im Norden dieser Kaserne liegenden Gehöfte La Cerva. Ein thurmartiger Anbau liegt an der SW. Ecke dieses Gehöftes und seine beiden an der SW.-Kante zusammenstossenden Mauern sind in ähnlicher Weise nur bei weitem stärker zerrissen wie die analogen Mauern der Kaserne. Die als gestützt bezeichnete Mauer eines Hauses der Jesuitengasse hat sich in äusserst bedrohlicher Weise gegen die Gasse ausgebogen und dasselbe ist der Fall bei einer Wand der Contrada Capello (6), die eine Ausbauchung ganz ähnlicher Art zeigt. Aber auch die Piazza Vittorio Emanuele gekehrte Seite dieses Häusercomplexes hat zahlreiche Risse und Sprünge und ist theilweise gestützt. Die Risse dieser Front fallen fast durchwegs gegen SW. ein, stimmen also mit dem Hause 3 der parallelen Gasse. Im Hause Alle due torri (Contrada S. Stefano 7) bietet die Hinterwand mehrere starke Spalten, die sich etwa unter 45 Grad der SW.-Kante nähern und die zahlreichen Risse der Plafonds in der Vorhalle und den Zimmern dieses Hauses verlaufen zumeist in der Richtung NW. nach SO. Im Garten dieses Hauses sah Professor vom Rath einen interessanten Beweis von der Stärke der Erschütterung (Neues Jahrb. f. Min. 1873, pag. 709).

Wenden wir uns von hier der Piazza Campitello zu, so lehrt schon der erste Blick, dass die eine gegen N. gewendete Seite dieses Platzes kaum eine nennenswerthe Beschädigung erlitt, während die gegenüberliegende nach SSW. gerichtete Front sehr beträchtlich mitgenommen wurde, insbesondere in ihrer Fortsetzung in der Strasse da San Giuseppe. Das an das schon erwähnte Eckhaus der Via Carrera anstossende Gebäude (8) zeigt durchaus verticale Risse, die von einem Fenster zum andern verlaufen. Das gegen O. gelegene Eck der Kirche San Rocco ist mit schweren Stützen versehen, hat aber nur einen schwachen Riss oben quer über dieses Eck und einen fast hori-

zontalen ganz unter dem Dache an der gegen W. gelegenen Wand, nahe am Eck. Das vorspringende SW.-Eck des zweitnächsten Hauses (9) trägt wieder die schon oben mehrfach hervorgehobenen Sprünge, während das ihm gegen W. folgende tieferstehende Haus unbeschädigt erscheint. Am nächsten freistehenden SW.-Eck (10) erscheinen abermals die bezeichnenden gegen die Kante convergirenden Risse und wiederum an dem mit 11 bezeichneten Hause und nochmals, und zwar äusserst regelmässig an dem Eckhause der Conta San Giuseppe mit der Conta Loretto (12 des Planes, Tafel I, Fig. 2). Auch in dem Nachbarhause in der Strada Loretto setzen sich diese Sprünge in ähnlicher Art fort, nehmen aber hier mehr und mehr eine verticale Richtung an. Das gegenüberliegende Eckhaus (13) weist nur sehr wenige und ganz schwache Sprünge auf. Weiter in der Lorettogasse zeigt sich eine gestützte Mauer (14) und damit correspondirend ist auf der anderen Seite der Gasse eine Rundmauer von einer gewaltigen Spalte durchsetzt, mit der gegen abwärts eine schwächere convergirt, über welcher letzteren ein beträchtliches Stück des Dachgesimses fehlt. Das massiv gebaute Krankenhaus scheint fast gar nicht gelitten zu haben, desto mehr aber die gegenüberliegenden Gebäude von Sta Maria di Loretto, an welchen sich allenthalben eine weitgehende Abdeckung der Dächer zeigt; von der NO.-Ecke der Kirche ist auch ein grosser Theil des Gesimses abgestürzt. Der kleine Thurm auf dem Dache dieser Kirche sieht bedenklich aus, über dem Fenster der Nordseite zeigen sich Risse, das der Ostseite hat den Schlussstein verloren, an der Südseite ist dieser gestützt. Unweit dieses Häusercomplexes, und zwar gegen O. zu steht ein kleines capellenähnliches Gebäude, fast genau nach den Weltgegenden orientirt, welches nur an seiner West- und Ostseite je einen, aber starken Riss aufweist (15). Die Richtung dieser beiden Sprünge ist auf beiden Seiten genau dieselbe und dabei eine sehr vereinzelt dastehende, ihrer Regelmässigkeit wegen aber erwähnenswerth. (Fig. 3 auf Tafel I.)

Die Fortsetzung der Strasse San Giuseppe gegen W., jetzt Borgo Garibaldi genannt, gehört zu den am stärksten heimgesuchten Theilen der Stadt, gerade deshalb aber — wie überall, wo die Verheerung eine sehr bedeutende ist — treten hier im Allge-

meinen die Wirkungen des Erdbebens weniger klar hervor. Das dem Eckhause des Contrada Loretto (13) zunächst stehende Haus hat wiederum eine freie SW.-Ecke und auch diese zeigt die oft beschriebenen Sprünge in sehr deutlicher Ausprägung. Es folgt nun ein anscheinend neues und solid gebautes einstöckiges Haus, das Salzmagazin. Dasselbe hat an der Gassenfront (Süd) viel vom Gesimse und Anwurf verloren, an der Westseite aber erscheint nahe dem SW.-Eck und diesem gegen unten genähert eine sehr bedeutende Spalte, die vom Dache bis nahe zur Erde herab verläuft. Ein kleines stallähnliches Gebäude nebenan im Westen hat äusserst ähnliche Beschädigungen erlitten; ganz vorzüglich ist es wiederum die SW.-Kante, an deren gegen West sehender Wand ein starker Riss von oben bis herabreichend zu bemerken ist. Hier schliessen sich nun einige tiefer aus der Gassenfront zurücktretende Häuser an, welche eine seltener auftretende Art von Beschädigungen zeigen, ein System von verticalen und (ganz vorwiegend) horizontalen, durchwegs die Fenster verbindenden Sprüngen.

Die Strassenfront behält von hier an ihr ostwestliches Streichen noch eine Strecke hindurch bei und zeigt hier durchaus keine nennenswertheren Beschädigungen; da aber, wo sie gegen NW. umbiegt, ist eine furchtbare Zerstörung eingetreten, denn beide Häuserreihen sind an dieser Stelle in nicht unbeträchtlicher Erstreckung theils sogleich eingestürzt, theils mussten sie abgetragen werden. Insbesondere ist der Ruin der südlichen Häuserreihen ein gewaltiger. Von diesem zerstörten Häusercomplexe gegen den Hauptplatz zurück scheint die Südfront im Ganzen wenig gelitten zu haben, doch sind fast alle Häuser mit Schliessen versehen worden und mehrere schienen unbewohnt zu sein. Nur das Haus Nr. 47 zeigt deutlichere Beschädigungen, und zwar an der Gassenseite (Nord) mehrfache verticale und schwach geneigte Risse, ganz nahe aber dem NO. Eck eine ganz verticale, die Mauer von oben bis unten durchsetzende, sehr starke Spalte, mit der eine zweite ebensolche an der Ostwand desselben Eckes correspondirt.

Am Hauptplatze der Stadt tritt uns zum ersten Male an dem mit 14 bezeichneten Hause eine Beschädigung entgegen, die sich in den südlich gelegenen Stadttheilen mehrfach wiederholt. Es

ist nämlich hier das Eck ganz oben unter dem Dache in geringer Ausdehnung abgestürzt. Schon das Eckhaus gegen die Piazza Castello (15) zeigt ein Fehlen desselben Eckes und zudem haben die beiden an der SW.-Kante zusammenstossenden Wände dieses Gebäudes, vor allem die südliche, ganz furchtbare verticale Spalten. Bei 16 fehlt das ganze Dachgesimse, bei 17 wieder der oberste Theil des SW.-Eckes und das gegenüberstehende Haus hat die ganze Nordwand verloren. Die gegen NO. gekehrte Häuserfront dieses Platzes scheint sehr stark mitgenommen worden zu sein, denn sämmtliche Häuser sind mit einer Unzahl von Schliessen und Klammern versehen worden. Eine gegenüberliegende Gartenmauer (18) hat gerade an der gerundeten SW.-Ecke zwei äusserst starke, nach abwärts convergirende Risse, so dass ein grosses Stück herauszustürzen droht. In der Via Ussolo fehlt die W.-Mauer eines Hauses (19) gänzlich. Die Via Cirpo hat viele gestützte Häuser. In der Via Rippa stürzte der obere Theil eines Hauses zusammen und begrub drei Kinder unter den Trümmern. An den stehen gebliebenen Partien bemerkt man überall Risse, die den Plafond von den Hauptmauern trennen. Die mit 20 bezeichnete SW.-Ecke am Ausgange dieser Gasse ist ebenfalls abgestürzt. Eine ganz ausserordentliche Verheerung aber ist in dem gegenüberliegenden alterthümlichen Häusercomplexe, ehemals bischöfliche Residenz, eingetreten (21). An der Westseite des Gebäudes, besonders gegen das SW.-Eck zu, treten kolossale Spalten auf, die Nord- und Südseite sind durch zahlreiche schwere Balken gestützt und besonders die letztere hat sich in äusserst gefahrdrohender Weise nach aussen gebogen. Der Thurm, der die NW. Ecke einnimmt, ist von oben herab bis zur Erde von furchtbaren Rissen in erstaunlicher Anzahl ganz zerspalten. Im Hofraume ist eine SW.-Ecke in ihrer ganzen Höhe herausgebrochen, wobei die trennenden Spalten nach abwärts ein wenig convergiren. Das gegenüberliegende Haus sieht ebenfalls äusserst baufällig aus und ist durch zahlreiche Stützen gesichert; ein kleiner hängender Anbau desselben im Südwesten (22) droht jeden Augenblick herabzufallen. Die kleine Capelle der Madonna delle grazie (23) musste sofort abgetragen werden. Zwei freie Südwestecken dieses Platzes sind gestützt. Bei 24 und 25 sind die bezeichneten Wände

total herausgestürzt. Das Haus an der Südfronte des Domplatzes (26) zeigt mehrere verticale Risse von oben bis herab. Der Campanile (27) hat wenig gelitten. An seiner Spitze trägt er einen geflügelten bronzenen Engel. Derselbe hat, weil gut befestigt, Stand gehalten, die Flügel aber wurden herabgeworfen und statt ihrer zeigt der Engel nun die beiden seinen Schultern angehefteten Eisenstäbe, über welche mittelst langer Scheiden die Flügel geschoben waren. Die schweren Flügel wurden von den etwas nach aufwärts gerichteten Stäben abgeschoben und heruntergeschleudert, während sich der Engel gleichzeitig um seine verticale Axe gegen Nord, angeblich um etwa 20°, gedreht hat. Der Engel blickte vordem gegen Nordost. (Prof. G. v. Rath l. c.) Der gegen W. gelegene Theil des Domes ist zusammengestürzt. Derselbe war allerdings schon etwas baufällig. Dieser Einsturz ist übrigens nicht am 29. Juni, sondern erst genau eine Woche später am 6. Juli um 5 Uhr Morgens erfolgt. Die Beschädigung ist eine solche, dass der in der stärksten Ausdehnung herabgebrochene Theil gerade gegen Südwesten sieht, wie man sich leicht von der unteren Brücke (im Borgo di Piave) aus überzeugen kann. Die Fig. 4 (Tafel I) gibt ein Bild von der entgegengesetzten, in geringerer Erstreckung abgebrochenen Seite. Der grosse Riss unter dem Fenster setzt bis zum Boden hinab fort.

Es würde zu weit führen, wollte ich auch die Beschädigungen in den noch verbleibenden Stadttheilen in ähnlicher Weise, wie bisher, aufzuzählen fortfahren. Für die Bestimmung der Richtung des Stosses wird das bisher Erwähnte genügen, und zudem bieten die noch nicht besprochenen Theile der Stadt des Erwähnenswerthen nicht viel, so dass ich mich darauf beschränken kann, von diesen das Wichtigste anzuführen. Da ist denn zunächst in Vicolo San Bernardo abermals eine sehr stark herausgebogene SW.-Ecke (28) mit einem furchtbaren Risse in der westlichen Mauer, der gegen unten zu stärker wird. In der Contrada San Lucano ist der Oberbau eines Thores gegen die Strasse heraus, also nach Südwest, geworfen worden (29 des Planes; Taf. I, Fig. V). An der Strasse, die in mehrfachen Windungen gegen den Borgo di Piave hinabführt, sind an mehreren Theilen Theile von Gartenmauern eingestürzt, und zwar zweimal an Stellen, an welchen die Mauer gegen ONO. sieht, einmal an einer

NO. gerichteten und ein viertes Mal an einer Stelle, die fast genau (mit nur unmerklicher Abweichung gegen N.) nach O. gekehrt ist. Ganz in der Nähe ist auch ein Hauseinsturz zu verzeichnen, und zwar ist eine Wand, die gegen ONO. gewendet ist und Theile der darauf senkrechten Mauern herausgestürzt. Unweit davon fehlt an einem Hause wiederum das SW.-Eck und eben da steht auch das einzelne Haus, dessen Beschädigungen Tafel I, Fig. 6, dargestellt sind. Diese sind nur an der Nord- und Ostseite von Bedeutung, an der Südseite sehr schwach, an der Westseite fehlen sie ganz. In dem Stadttheile zwischen der Via Mezzaterra und dem Steilufer des Torrente Ardo zeigt sich nichts von Bedeutung. Erst gegen Norden in der Umgebung der Via della Motta wird die Verheerung stellenweise wieder beträchtlicher. Besonders ein grosses Gebäude, das sich dicht über dem Abhange erhebt, ist sehr stark mitgenommen worden. Nicht nur, dass seine Gassenfront nur mit Hilfe zahlreicher Stützen aufrecht erhalten werden konnte, auch der gegen die NO. Ecke zugekehrte Theil desselben ist gänzlich eingestürzt und die stehen gebliebene Front gegen den Torrente Ardo zeigt ziemlich erhebliche Risse von vollständig verticaler Richtung (Taf. I, Fig. VII).

Wir wenden uns nun den Sobborghi zu. Da zeigt sich dann die schon oben hervorgehobene auffallende Erscheinung, dass die Beschädigungen hier sehr gering an Zahl und Stärke sind. Schon in den wenigen Häusern, die unweit des Ponte nuovo, über welchen die Strada di Allemagna in die Stadt führt, liegen, zeigt sich dieses Verhalten. Dasselbe gilt von den Häusern der zum Ponte vecchio und hinüber in die Vorstadt del Pra führenden Via Bivizzola. Und ebendiess lässt sich auch vom Borgo di Piave behaupten; hier finden sich nur jenseits des Flusses einige auffallendere Beschädigungen, die jedoch gegen die der Stadt gar nicht in Betracht kommen können. Das der Brücke zunächst gelegene Haus zeigt an seiner gegen NW. stehenden Front eine Anzahl sich ziemlich rechtwinklich kreuzender Sprünge, die sich sämmtlich an die Fenster halten (Taf. I, Fig. 8.) Die beiden darauf senkrechten Wände sind kaum, die entgegengesetzte Wand ist gar nicht beschädigt.

Betrachtet man nun die grosse Menge von dem ersten Anscheine nach ganz wirr durcheinanderlaufende Beschädigungen

etwas genauer, so zeigt sich bald, dass diese scheinbare Regellosigkeit denn doch nicht gar so weitgehend ist, und man nimmt binnen Kurzem wahr, dass Häuser von gleicher Orientirung in ziemlich übereinstimmender Weise an den analogen Wänden und Ecken gelitten haben. In Belluno ist es nun ganz besonders eine gewisse Art von Beschädigungen, die sich allenthalben in mehr oder minder bedeutender Ausdehnung wiederholt und welche sich als ein eigenthümliches System von Rissen und Spalten an den zahlreichen freien Südwest-, z. Th. auch an NO.-Ecken kennzeichnet. Dies gilt insbesondere für die nördlicheren Stadttheile, wo die Kraft des Stosses bei weitem schwächer gewirkt hat als in den mehr südlich gelegenen. Hier nimmt diese Beschädigung einen etwas anderen Charakter und äussert sich in der Weise, dass die Ecken in höchst bedrohlicher Weise sich gegen Aussen vorbiegen und deshalb nur durch Anwendung von Stützen in ihrer Lage erhalten werden können. Fälle solcher Art sind in der Umgebung des Domplatzes nicht selten. Endlich ist es in einzelnen Fällen dahin gekommen, dass das oberste Eck, entsprechend der angedeuteten Art vom Spalten, gänzlich abgeworfen worden ist, wovon mehrfache Beispiele angeführt worden sind; den höchsten Grad dieser Beschädigung findet man im Hofe des ehemals bischöflichen Palastes. (21 des Planes.) Diese Art von Zerstörung entspricht aber der von R. Mallet (The Neapolitan Earthquake of 1857) als „subabnormal" bezeichneten Stossrichtung, d. h. einem Stosse, der mit beliebigem Emergenzwinkel ein Gebäude in diagonaler Richtung trifft. Ein in dieser Richtung wirkender Stoss wird vor Allem die Spuren seiner Kraft an dem seinem Ausgangspunkte zunächst liegenden und an der entgegengesetzten Ecke des Hauses zurücklassen, und zwar werden diese Spuren in auf die Stossrichtung senkrechten und zu diesen parallelen Spalten bestehen, die bei hinreichender Weite sogar den Absturz der betreffenden beiden Ecken zur Folge haben werden. Da also diese Beobachtungen mit den Angaben R. Mallet's übereinstimmen, zudem auch Fälle von in nordost-südwestlicher Richtung herabgeschleuderten Objecten sich vorfinden, endlich auch die im Momente des Stosses gemachten Wahrnehmungen bezüglich seiner Stossrichtung von gleicher Art sind, so wird man in

diesem Falle wohl kaum einen Fehler begehen, wenn man als Stossrichtung NO. nach SW. annimmt. Indess darf nicht übersehen werden, dass auch andere Richtungen nicht ohne weiters abzuweisen sind, indem theilweise solche wirklich von Beobachtern im Momente der Erschütterung wahrgenommen worden zu sein scheinen, andererseits aber auch einzelne Beschädigungen in der Stadt durchaus nicht mit einem von NO. wirkenden Stosse in Einklang zu bringen sind. Ich erinnere hier nur an die sehr regelmässigen Spalten des mit 15 bezeichneten Objectes, die wohl am ehesten einem Stosse von Süd entsprechen würden. Abgesehen davon, dass Brechungen und Ablenkungen der Kraft zu den sehr wahrscheinlichen Dingen gehören, ist es ja auch gewiss möglich, besonders unter der Voraussetzung, dass der Sitz des Erdbebens eine Spalte sei, dass thatsächlich Stösse von verschiedenen Punkten dieser ausgegangen sein und sich in mannigfachen Richtungen durchkreuzt haben mögen. Da es möglich ist, aus der Lage der Spalten auch auf den Emergenzwinkel zu schliessen, unter welchem die Stossrichtung die Erdoberfläche schneidet, so hätte man in unserem Falle — bei der überwiegenden Mehrzahl ziemlich steiler Risse und Spalten — diesen Winkel als einen im Allgemeinen nicht bedeutenden anzunehmen, woraus sich bei der Erwägung, dass Belluno dem Erdbebencentrum unzweifelhaft sehr nahe liegt, die weitere Folgerung ergibt, es müsse dieses Erdbebencentrum in nur geringer Tiefe seinen Sitz haben. Genau denselben Schluss zieht aber Prof. v. Rath aus der Vergleichung des äusserst eng umgrenzten Zerstörungsgebietes mit der ungemein grossen Erschütterungsfläche dieses Erdbebens.

Ich gehe nun über zu den in der Umgebung von Belluno gelegenen Ortschaften. Von diesen hat Visome, das etwa eine Stunde entfernt im SSW. liegt, am meisten gelitten. Leider beginnen sich hier Umstände einzustellen, die eine genauere Beobachtung, wenigstens eine solche, die zu Schlüssen berechtigen würde, in den meisten Fällen ganz unmöglich machen. Da ist vor allem die geringe Ausdehnung der zuweilen nur aus wenigen Häusern bestehenden Orte. Dazu kommt, dass diese Häuser auf die unregelmässigste Art aneinander geklebt sind und nur sehr selten isolirt stehen. Auch trägt die schlechte Bauart ihren wesentlichen Theil dazu bei, die Wirkungen der

Erschütterung zu verwischen oder doch sehr undeutlich zu machen. Die allermeisten Anhaltspunkte bieten hier noch die zumeist solider gebauten und vereinzelt stehenden Kirchen. Die Beobachtungen, welche in Visome gemacht wurden, reichen gerade aus, um die Nordostrichtung des Stosses auch für diesen Ort zu constatiren. Gleich das erste Haus des Dorfes zur linken Hand hat sein NW.-Eck verloren. Dasselbe gilt für ein Haus zur rechten Seite des Weges. Auch die Spitze des Thurmes ist gegen SW. herabgestürzt. Auf dem Wege von Belluno nach Visome steht eine Capelle, deren Thurm sehr regelmässige Beschädigungen zeigt. Das Fenster an der gegen NOO. gekehrten Mauer hat seinen Schlussstein verloren, ebenso das an der entgegengesetzten Seite, während über den Fenstern der beiden anderen Seiten je ein Riss sich zeigt, an der SSO. Seite stärker.

In Baldeniga (c. zwei Stunden südwestlich von Belluno) ist an einem einzeln stehenden Hause ein Kamin herabgestürzt und sind zahlreiche Spalten in den Mauern entstanden. In ähnlicher Weise haben auch die übrigen Ortschaften im Umkreise der Stadt gelitten; so verloren Cusighe, Nogarè und San Pietro in Campo die Spitzen ihrer Glockenthürme, in Pedecastello wurde die Kirche stark beschädigt, in Sargnan und Campago fielen Menschenleben zum Opfer.

Gegen Nordosten von Belluno, da wo die Piave eben das gewaltige Querthal verlassen und seinen Lauf gegen SW. gelenkt hat, liegt knapp am Ufer des hier in einer äusserst steilwandigen Schlucht in grosser Tiefe dahinströmenden Flusses der Ort Capo di Ponte, auch Ponte nelli Alpi genannt. Wenn man zu der Erwartung berechtigt schien, hier eine noch viel grössere Zerstörung als in Belluno anzutreffen, da ja der Stoss hier aus geringerer Entfernung gewirkt haben musste, so wurde diese Erwartung nicht erfüllt, indem die Beschädigungen hier durchaus nicht zu den besonders erheblichen gehören, zum mindesten nicht in Anbetracht der angrenzenden Gebiete, wie denn auch der ganze Bezirk keinen einzigen Todten aufzuweisen hat. Da die aus den officiellen Erhebungen und Berichten zusammengestellte Tabelle der Schäden ein recht gutes Bild der Intensität der Erschütterung in den einzelnen Bezirken gibt, so möge dieselbe hier folgen:

Gemeinden	Einwohnerzahl	In Folge des Erdbebens obdachlos	Getödtet	Verwundet	Gänzlich zerstörte Häuser	So beschädigte, dass sie niedergerissen werden müssen	Wiederherstellung möglich	Leicht beschädigt	Gesammtanzahl der Häuser
Belluno	16477	771	8	26	23	178	403	1139	2010
Ponte nelli Alpi .	4802	—	—	—	7	20	167	295	489
Piève	2323	266	13	31	42	51	332	1	426
Chiès	1948	518	4	10	44	65	307	27	443
Puos	1832	901	11	14	44	61	180	44	329
Farra	2040	969	1	2	24	60	247	74	405
Tambre	2078	407	4	—	43	23	212	44	322

Capodiponte und das Alpago-Thal.

Capodiponte besteht fast nur aus einer einzigen Strasse, die von S. nach N. verläuft. Man sieht hier nur ganz wenige Mauerrisse, und diese sind fast ausnahmslos ziemlich vertical. Einige Mauern, die die verschiedensten Richtungen haben, sind gestützt. An einer Stelle ist ein Stück einer nordsüdlich streichenden Hofmauer herausgestürzt. In einem Hofe zeigt sich eine sehr stark gestützte SW. Ecke, die an der Westmauer einen sehr starken gegen abwärts zu der Kante sich nähernden Spalt trägt. An der Kirche, deren eine Breitseite beiläufig gegen NNW. sieht, zeigt eben diese Seite mehrere ziemlich starke Risse, die sich gegen unten zu der östlichen Seite nähern; die SSO. Seite hat nur einen Riss, der nahe der W. Kante liegt und sich dieser gegen unten noch mehr nähert. Das interessanteste Object im ganzen Orte ist übrigens ein kleines einzelnstehendes Häuschen, schon am linken Ufer der Piave gelegen, ganz nahe der Brücke. Die eine ganz genau nach O. gerichtete Giebelwand desselben ist durch zwei furchtbare verticale Spalten, welche die N.- und S.-Wand nahe den Ecken und in gleichem Abstande von diesen durchsetzen, gänzlich abgetrennt und die beiden Spalten trennen auch noch die entsprechende Partie des Daches in gleicher Weise von dem übrigen ab. Dieser Fall entspricht sehr genau der schematischen Zeichnung, welche R. Mallet von den Wirkungen des „normalen" Stosses gibt, demzufolge man hier wohl einen solchen Stoss in der Richtung von Ost nach West annehmen sollte. Doch ist es nicht möglich, bei dem Mangel an anderweitigen entsprechenden Beobachtungen, darüber eine gewisse Sicherheit zu erlangen. — Auch in dem unweit von Capodiponte gegen NNW. gelegenen Polpet findet man nur wenige Spuren der Erschütterung. An dem Wege, der von Polpet zur Belluneser Strasse führt, ist eine aus losen Steinen zusammengefügte Mauer von nordöstlichem Streichen an vielen Stellen auf beträchtliche Strecken hin gegen SO. in den Weg hereingestürzt. Am Monte Serva und dem Berge über Peron müssen mehrfache Felsabrutschungen geschehen sein. Ein Einwohner von Capodiponte erzählte mir zu Perarolo, dass er sich am 29. Juni zur Zeit des

Erdbebens eben auf dem Wege nach Fortogna, einer Fraction von Longarone, befunden habe, als er plötzlich ein ungewöhnliches Geräusch vernahm, von dem er nicht wusste, ob es aus der Luft oder aus der Erde komme; dann erfolgte ein so starkes Zittern und Beben des Bodens, dass er glaubte, es sei um ihn geschehen und darauf sah er, wie sich vom Berge San Andrea di Polpet und von den Abhängen des Monte di Soccher (Monte Dolada) mächtige Felsmassen loslösten, herabrollten und unten zerschellten, so dass sich eine Staubwolke erhob.

Eine Viertelstunde von Capodiponte entfernt, da wo der Fluss Rai in die Piave mündet, liegt Cadola, eine ganz unbedeutende Häusergruppe, die aber eine schöne neugebaute Kirche, die Hauptpfarrkirche der zur Gemeinde Capodiponte zuständigen Ortschaften, und einen imposanten Campanile besitzt. Der Untergrund ist hier festes Gestein, wohl der eocänen Thalausfüllung angehörend, der letzte Ausläufer des Nummulithenkalkrückens, der von den hohen Kreidebergen des Monte Faverghera und Monte Pascolet im Westen des Sees von Santa Croce gegen Norden ziehend, sich als trennender Wall zwischen das Gebiet von Belluno und das Thal von Alpago legt. Es ist, wenn auch nicht unerklärlich, so doch gewiss höchst überraschend, dass die sämmtlichen auf diesem flachen, Col di Pera genannten Rücken liegenden Ortschaften, man kann wohl sagen, gar nichts gelitten haben. Das gilt für Quantin, Sossai, Roncan, Lastreghe, Cugnan, Vich und auch noch für das an der äussersten Spitze dieses Rückens gelegene Cadola. Die Bewohner sind hier auch ziemlich sorglos im Gefühle ihrer Sicherheit, wie ich mich bei Gelegenheit des sehr starken Stosses vom 8. August selbst zu überzeugen Gelegenheit hatte, da ich mich damals gerade in Cadola befand. Die Bewohner stürzten zwar, sobald die Bewegung erfolgte, in grösster Eile, aber mit lachenden Gesichtern, ins Freie, während im schärfsten Gegensatze hiezu in dem höchstens eine Viertelstunde entfernten halbzerstörten Soccher von neuem eine so furchtbare Bestürzung platzgegriffen hatte, dass man sich eines höchst unheimlichen Gefühles nicht erwehren konnte.

Soccher bildet das Anfangsglied einer Reihe aufs schrecklichste verwüsteter Ortschaften, die in dem Alpago-Thale grösstentheils an den Abhängen der hohen Randgebirge, zum geringeren

Theile am flachen Seeufer liegen. Dies gilt besonders für Arsiè mit Raveane, Pieve d'Alpago mit Torres, Plois und Curago, Puos, Codenzan, Borsoi mit Lavina und Farra. Unter diesen sind wieder Arsiè, Torres, Plois und Curago, ferner Puos und Codenzan wirklich nur noch Trümmerhaufen. Dabei zeigt sich aber auch oft eine sehr grosse Verschiedenheit in dem Grade der Verwüstung in ganz nahe liegenden, ja sogar in verschiedenen Theilen eines und desselben Dorfes. Gleich in Soccher tritt dies auf sehr auffallende Weise hervor. Den gegen die Piave zu liegenden Häusern ist nicht viel geschehen und ebenso den an der entgegengesetzten Seite am Wege gegen Arsiè liegenden. Dafür ist aber die Mitte des Dorfes und der Theil gegen Cadola zu zum grössten Theile zusammengestürzt und nur wenige Häuser daselbst stehen mit furchtbar zerrissenen Mauern aufrecht. Am zweiten Hause rechterseits beim Eingange ins Dorf ist die gegen NOO. blickende Wand nach dem N.-Eck hin eingebrochen und die NNW.-Wand nur durch Anwendung von Stützen vor gleichem Schicksale bewahrt worden. An einem nahen Häusercomplexe ist ein Theil der gegen NW. gekehrten Front niedergestürzt, das Dach grösstentheils abgedeckt. Im Hofgebäude bei Nr. 19 fehlt die SSO.-Mauer mitsammt dem ganzen Dache dieser Seite (Längsfront). Unweit der Dorfcapelle ist die NO.-Ecke eines Hauses mit schweren Stützen versehen. Das sind die wenigen deutlicheren Beschädigungen, die in diesem allgemeinen Ruin noch hervortraten. Nicht viel ergiebiger waren die Beobachtungen in dem nahegelegenen Arsiè. Die gerade gegen SO. gerichtete Giebelwand eines grossen Hauses ist gestützt; daneben hat ein Gebäude die SO. Ecke verloren, ein drittes zeigt eine besonders gegen das O. Eck zu gestützte Südseite, ein viertes hat an der NOO. Seite und zwar nahe dem O. Eck einen mächtigen, fast verticalen Riss; alle übrigen liegen total in Trümmern. Es scheinen sich hier also Anhaltspunkte für einen Stoss aus SO. zu bieten. Der Weg, der von hier gegen Pieve d'Alpago führt, ist von rohen Steinmauern eingefasst, die SWW. bis NOO. streichen. Die nördliche derselben ist an vielen Stellen gegen den Weg hereingestürzt.

Östlich von Arsiè schneidet das Bett eines Giessbachs, der vom Monte Dolada herabkommt, tief in das lockere, zum grossen

Theile aus dem Schuttkegel des Kalkgebirges gebildete Terrain ein und jenseits dieses Einschnittes erhebt sich in ziemlich bedeutender Höhe dicht am Bergabhange Pieve d'Alpago, der Vorort der fünf Gemeinden dieses Thales, weithin kenntlich durch seinen hohen und schlanken Glockenthurm. Unterhalb dieser keineswegs grossen Ortschaft breitet sich das tertiäre Plateau aus, welches gegen S. und W. ziemlich steil gegen die flache Sandebene abbricht, die wiederum ganz allmälig in den Sumpf und See von Santa Croce übergeht. Auf jenem Plateau nun liegen die zur Gemeinde Pieve gehörenden Orte zerstreut, und zwar da, wo dieses mehr flach und eben ist, Sitran, Tignes, Villa, Torch, Garna, höher aber und am Fusse des Gebirges selbst Pieve, Torres, Plois, Curago; die Ortschaften der ersteren Reihe haben verhältnissmässig sehr wenig, die der letzteren ungemein stark gelitten. Ehe man den Ort Pieve selbst betritt, stösst man auf ein recht interessantes Object, eine kleine Capelle, von der Taf. I, Fig. 9 eine Skizze gegeben ist. Dieselbe sieht fast genau gegen die vier Weltgegenden, der Eingang liegt an der ganz unmerkbar gegen O. verwendeten Südseite, diese sowie die O.- und W.-Seite zeigen die in der Zeichnung ersichtlichen Spalten und Risse, die N.-Seite ist unbeschädigt. Man könnte nun leicht versucht sein, nach Analogie der SW.-Ecken von Belluno auf einen NW.-Stoss in diesem Falle zu schliessen, wobei man noch durch die Richtung der Spalten selbst, zum mindesten an der O.- und W.-Mauer, unterstützt würde, die senkrecht auf einen von NW. kommenden Stoss stehen; berücksichtigt man dagegen den auffallenden Umstand, dass die N.-Seite gar nicht beschädigt ist und dass allen Voraussetzungen nach die grösste Zerstörung immer an der dem Ausgangspunkte des Stosses zugekehrten Seite zu finden sein muss, so wird man wohl die entgegengesetzte Richtung, also die von SO. als die bei weitem wahrscheinlichere anzunehmen haben. Dafür sprechen schon die allerdings dürftigen Beobachtungen in Arsiè, und dafür sprechen auch alle weiteren, die noch in Pieve gemacht wurden. Es ist vielleicht hier der Ort, ausdrücklich zu betonen, dass dabei nicht etwa nur eine Auswahl derjenigen Beschädigungen stattfand, die mir für eine einmal als wahrscheinlich sich ergebende Richtung zu sprechen schienen, mit Beiseite-

lassung aller übrigen, sondern dass im Gegentheile Zerstörungen jeder Art berücksichtigt worden sind, zumeist aber solche, welche sich an Gebäuden von gleicher Orientirung befanden, da es nur hier möglich ist, durch die Analogie der Beschädigungen zu einem einigermassen sichern Schlusse zu kommen, während in Orten, wo ein jedes Haus eine andere Richtung hat, meistentheils gar kein Resultat zu erreichen ist.

Die Kirche von Pieve ist genau so orientirt, wie die eben besprochene kleine Capelle. Sie zeigt (Taf. I, Fig. 10) im W. sehr viele schwächere, im O. bedeutendere Risse, an der Nordseite nur wenige und nur an dem gegen O. gelegenen Umbaue von erheblicherer Art. Wiederum ist die Südseite die am meisten beschädigte. Der SO.-Ecke fehlt das Dach und nahe derselben zieht ein furchtbarer Riss durch fast $^2/_3$ der Höhe herab (1 des Grundrisses), dem sich gegen W. hin ein zweiter, schwächerer (2) anschliesst. Ein kleiner gewölbter Anbau (3) ist ganz zusammengebrochen; weiter ist die ganze äussere Schicht der Mauer herabgefallen (4 und 5) und mehrfache Spalten durchsetzen diese noch ausserdem. Auch hier ist es also ganz vorzüglich das SO.-Eck, welches gelitten hat, aber auch das SW.-Eck ist nicht wenig beschädigt. Dem Hause südwestlich von Campanile fehlt ein gegen S. gewendeter Giebel, einem Hofgebäude daneben die ganze Südmauer. Bei Nr. 63 ist die SO.-Ecke total eingestürzt, an einem benachbarten Wirthschaftsgebäude der Giebel der gegen SSO. gekehrten Wand, die ganze SOO.-Ecke und die gegenüberliegende, also NWW.-Ecke. Unweit davon steht ein kleines Häuschen, das nur aus vier Wänden besteht oder vielmehr bestand, denn zwei davon, die gegen NW. und SO. sehenden, sind fast zur Gänze niedergeworfen worden und dabei fehlt von der SO.-Wand mehr an der westlichen als an der östlichen Seite. An der NO.-Wand zeigen sich abermals einige parallele in derselben Richtung, wie an den analogen Wänden der Kirche und der Capelle verlaufende Risse. Im Süden des Campanile findet man noch das SW. Eck eines Hauses gestützt. Weiter bergauf gegen O. ist die SO.-Ecke eines sehr hübschen in einem Garten stehenden Hauses auf die fürchterlichste Art zerrissen, so dass das Haus gänzlich unbewohnbar gemacht wurde; die S.-Seite ist nur noch durch Stützen in ihrer Lage erhalten worden.

Torres. Diese zur Gemeinde Pieve gehörende kleine Ortschaft ist, wie schon oben bemerkt wurde, zu den auf das allerschrecklichste heimgesuchten Plätzen zu zählen. Zur Zeit meiner Anwesenheit war Torres von den Einwohnern verlassen und nur einige Soldaten beschäftigten sich damit, die noch stehen gebliebenen Trümmer vollends niederzureissen. Es blieb sonach sehr wenig Materiale für die Beobachtung. Dem der Kirche zunächst stehenden Gebäude, das wohl das am gelindesten beschädigte war, fehlte die SO.-Wand und die N.-Ecke. Ausserdem bot nur noch die Kirche Bemerkenswertheres. Ihr Haupteingang kehrt sich gegen W., mit nur unbedeutender Abweichung gegen N.; sie weicht also in der Orientirung wenig von der nahegelegenen Kirche von Pieve ab. In der That ist auch eine ziemlich weitgehende Analogie in der Art der Beschädigungen durchaus nicht zu verkennen. Eine Vergleichung der Fig. 1 der Taf. II mit der der Kirche von Pieve zeigt dies auf den ersten Blick. An der Nordseite fehlt der mittlere Theil des Daches. An einem kleinen Anbaue *(a)* ist die gegen W. gekehrte Wand herausgestützt und die noch stehende N.-Wand zeigt gegen die W.-Seite grosse Spalten. Dem wahrhaft unglaublichen Risse der O.-Seite entspricht an der Südseite gegen dieselbe Ecke ein eben so kolossaler, so dass die ganze SO.-Ecke in bedenkliche Stellung gebracht ist. An dem vorspringenden Winkel dieser Südwand fehlt die obere Spitze der Ecke. Ein Steinquader, welcher ein Kreuz trug und am östlichen Giebel befestigt war, ist in grosse Entfernung und zwar genau gegen SO. herabgeschleudert worden. Andererseits bemerkt man aber, dass die Trümmer des Daches der Südseite, die bis auf das westlichste Stück ganz abgedeckt ist, am weitesten in südwestlicher Richtung umhergestreut worden sind. Der hölzerne Dachstuhl der westlichen Seite steht noch, während die Kuppel über dem Altare im Osten zusammengebrochen ist.

Das südwestlich von Pieve liegende Tignes hat äusserst wenig gelitten und bietet kaum etwas Bemerkenswerthes. Dasselbe gilt auch von dem benachbarten, am äussersten Rande des Tertiärplateaus liegenden Sitran. Die genau gegen SO. gerichtete Vorderwand der Kirche zeigt einige nichtssagende Sprünge über dem Thore. Mehrere Häuserecken sind gestützt, darunter

eine nach SO., aber auch eine nach NO. gewendete. Auch in Garna (im SO. von Pieve) ist die Erschütterung nur in wenig empfindlicher Weise aufgetreten, obgleich hier allerdings stellenweise eine etwas grössere Zerstörung platzgegriffen hat, als in den obengenannten Orten. Die genau nach den Weltgegenden orientirte Kirche bietet wieder einige klarer hervortretende Beschädigungen (Fig. 1 auf Taf. II). Die Westmauer des im NW. stehenden Thurmes ist ziemlich stark von verticalen Rissen durchsetzt, viel weniger die nördliche. Die Westseite zeigt Risse, insbesondere gegen das SW.-Eck, an der Südseite fehlt der oberste Theil des Giebels und gegen die Ostseite finden sich schwache Risse. An der Ostseite zeigen sich wieder Risse gegen das SO.-Eck und an der Nordseite fehlt ein Stück Dach am Giebel. Das NW.-Eck zeigt ebenfalls einige Sprünge. Der Platz um die Kirche wird von einer mit schweren Steinplatten belegten Mauer umfasst; an der dem SO.-Eck der Kirche zunächst liegenden Stelle dieser Mauer sind einige dieser Platten gegen SSO. hinabgeschleudert worden. Das Haus Nr. 3 in Garna hat die gegen das O.-Eck liegende Hälfte seiner SO.-Wand verloren.

Wendet man sich von Garna gegen NO., so gelangt man sehr bald in das tiefeingerissene Bett des Torrente Plois, der vom Monte Maggiore herabkommt. Am linken Ufer desselben steigt das Terrain zu gleicher Höhe wieder an und bildet eine zweite isolirte plateauartige Fläche, die sich andererseits bis zum Torrente Tesa erstreckt und das Gebiet der Gemeinde Chiès umfasst. In diesem Theile des Alpago-Thals sind die Zerstörungen bei weitem nicht so arg als in Pieve und Torres, aber grösser als zu Garna, Sitran und Tignes. Ein gleiches Verhältniss ergibt sich leider auch für die Menge an möglichen Beobachtungen, die daher wenig zufriedenstellend sind. In Chiès selbst tritt wieder einmal die Ungleichheit in der Wirkung des Erdbebens recht auffallend hervor, indem der nördliche Theil des Dorfes ziemlich stark, der südliche fast gar nicht gelitten hat. An einem Hause ist das genau gegen SO. gekehrte Eck abgestürzt. An mehreren anderen Häusern fehlen die nach O. sehenden Mauern und an wieder andern sind diese sowie auch hie und da die Südmauern gestützt. Die Kirche zeigt nur verticale unbedeutende Risse,

besonders an den Längsseiten. Ober dem Hauptthore (SO.) erscheint eine starke, ebenfalls verticale Spalte.

Die Kirche steht hart am Rande eines sehr steilen Abhanges, welcher zu einer flachen Mulde hinabführt, die sich zwischen Chiès und dem ostnordöstlich davon liegenden Irrighe ausbreitet. Diese Mulde führt den Namen der „Lawinen von Chiès". Hier hat eine sehr bedeutende Erdabrutschung stattgefunden, ein stossweises Verschieben der Erdmassen, wobei kleine Vertiefungen ausgefüllt und an Stelle von Hügeln tiefe Einsenkungen gesetzt wurden. Diese Erdabrutschung soll gegen den 15. Juli bereits über 22 Meter zurückgelegt haben. Das ganze lose Terrain ist von zahlreichen, meist parallelen Spalten zerrissen, die zumeist ein auf die Bewegungsrichtung senkrechtes, also nordöstliches Streichen haben, die Wege sind in einzelne oft weit getrennte Stücke auseinander gerückt, die Grenzen der Grundstücke gänzlich verschoben worden, kurz die ganze Gegend hat ein total verändertes und ganz eigenthümliches Aussehen erhalten.

Lamosano, nördlich von Chiès gelegen, hat etwa in gleichem Grade gelitten, wie der ihm zunächst liegende Theil jenes Ortes. Von der Kirche ist ein Theil der südlichen Mauer und die Spitze des SO.-Ecks eingestürzt, am nebenstehenden Hause fehlt die gegen OSO. gekehrte Wand zum Theil und der Rest derselben zeigt gegen O. zu einen starken Riss von verticaler Richtung, ein drittes Gebäude am Marktplatze hat eine gestützte West-, ein viertes eine gestützte Ostseite. Ferner findet man in der gegen W. von dem Platze liegenden Gasse ein Haus mit fast gänzlich zusammengebrochener SO.-Seite. Noch ein anderes hat die SOO.- und SSW.-Seiten sehr stark gestützt und seine NWW.-Mauer ist theilweise eingestürzt. Es wäre wohl zu gewagt, aus diesen wenigen mit einander kaum in Einklang zu bringenden Beobachtungen eine Stossrichtung ableiten zu wollen.

Der Weg gegen Tambre führt von hier zunächst abwärts in das Thal des Torrente Tesa. Noch ehe man dieses erreicht, sieht man zur Rechten unter einem steilen Abhange die nur aus wenigen Häusern bestehende Ortschaft Codenzan, welche zum grössten Theile gänzlich niedergeworfen ist. In dem Winkel, der vom Torrente Tesa und dem in ihn hier mündenden T. Boccolara

gebildet wird, liegt die Häusergruppe Palughetto, von deren drei Gebäuden das eine die NW.-Ecke verloren, die SO.- und NW.-Mauer gestützt hat. Wendet man sich nun am rechten Ufer des Torrente Tesa aufwärts, so erreicht man binnen Kurzem Borsoi, einen ebenfalls hart mitgenommenen Ort, wo indessen so energisch niedergerissen und wiederaufgebaut wurde, dass es nicht mehr möglich war, zu unterscheiden, wie viel von dem Zerstörungswerke der Erschütterung zuzuschreiben sei.

Tambre selbst liegt schon in bedeutender Höhe unfern von dem letzten Abhange, der von dem Kreideplateau des Bosco del Cansiglio sich herabsenkt. Der Untergrund besteht aus demselben rothen Gesteine, das man unten im Thale, insbesondere an der Hauptstrasse in der Nähe des Sees, allenthalben aufgeschlossen findet, das hier überall in grossen Platten gebrochen wird und wahrscheinlich der Scaglia angehört, welche als schmales Band den Rudistenkalk der höhern Berge umsäumt. Kurz vor Tambre steht am Wege ein isolirtes Häuschen, dessen NNW.-Wand herausgestürzt ist, doch mehr gegen das nördliche Eck zu, indem auch dieses fehlt, während das südliche unbeschädigt geblieben ist. In Tambre ist keine grössere Beschädigung vorgekommen und es zeigt nur einige gestützte Häuser, speciell an der gegen das Thal zu gewendeten Seite. Da, wo die Strasse den Ort verlässt, findet man einen Einsturz, und zwar an einer Scheuer, deren etwas gegen O. vorwendete Spitze, und zwar mehr gegen das O.-Eck zu, herausgebrochen ist. In dem benachbarten Valdinogher ist die SO.-Seite eines Hauses und von einem andern die SOO.-Seite (beides Giebelwände) eingestürzt. Der Kirchthurm zeigt in SOO., vorzüglich gegen das O.-Eck starke Risse. Es ist also eine gewisse Übereinstimmung der Beschädigungen in diesem Theile des Alpago-Thals nicht zu verkennen, so wenig zahlreich dieselben auch sein mögen. Man könnte daraus auf eine Stossrichtung von etwa NWW. gegen SOO. schliessen, wobei es freilich fraglich bleibt, von welcher Seite der Stoss gekommen.

Östlich von Valdinogher bricht das Plateau, auf dem die meisten der bisher besprochenen Orte des Alpago-Thals liegen, sehr steil gegen die den See von Santa Croce im Norden begrenzende sandige Fläche ab und unmittelbar unter diesem Abhange,

nahe am Seeufer, liegt Farra. Sowie man diesen Ort betritt, befindet man sich wieder in einer Region der grössten Zerstörung. Zahlreiche Häuser sind hier sogleich niedergeworfen worden, noch zahlreichere müssen in Folge der erlittenen Beschädigungen demolirt werden. Die Kirche zeigt an der unmerklich gegen O. vorwendeten Südseite (Hauptthor) den Giebel stark beschädigt und vorwiegend gegen das SO.-Eck mehrfache Risse; ebensolche treten an der Westseite gegen das NW.-Eck auf, die Nordseite zeigt in der Mitte einen unbedeutenden Riss und an der Ostwand bemerkt man nur gegen das NO.-Eck einige sehr schwache Sprünge. Im Hofgebäude des Hauses Nr. 76 ist die gegen NW. blickende Wand eingestürzt, gleich daneben an einem andern Hause die SO.-Wand. Weiter gegen den See fehlt der SOO.-Giebel eines Hauses. Ungemein interessante Beschädigungen findet man am Hause Nr. 1. Die beiden schmalen Seiten desselben sind gegen NW. und SO. gekehrt und fehlen beide vollständig. Die beiden Längsseiten sind auf eine unglaubliche Art von einer Unzahl von Rissen und Spalten durchzogen, die nach allen Richtungen netzartig durch einander verlaufen. An den Plafonds erscheinen zahlreiche Risse, von denen die überwiegende Mehrzahl eine zu den Hauptwänden des Hauses parallele Richtung einhält; eben solche Risse trennen auch ringsum die Plafonds von den Seitenwänden. Die Beschädigungen dieses Gebäudes sprechen also so deutlich für einen in der Richtung NW.—SO. oder umgekehrt erfolgten Stoss, dass man kaum an der Thatsächlichkeit eines solchen zweifeln kann, zumal die übrigen Beobachtungen dieser Richtung nicht nur nicht widersprechen, sondern mit derselben sogar sehr gut übereinstimmen. Von welcher Seite dieser Stoss indessen ausgegangen sei, das bleibt wie in Tambre und Valdinogher zweifelhaft.

Ganz in der Nähe von Farra, gegen NW., steht ein kleines, capellenartiges, sehr niedriges Gebäude, das aus vier sehr starken Mauern aufgebaut ist. Seine SW.-Seite zeigt gegen das S.-Eck einen furchtbaren verticalen Riss, die SO.-Seite ist unbeschädigt, die NO.-Seite hat am O.-Eck eine weitklaffende Spalte, die an der Aussenwand kaum sichtbar ist, die NW.-Seite wird endlich von einem riesigen, verzweigten, fast verticalen Riss durchsetzt. Wenn man das Innere betritt, so bemerkt man, dass an allen vier

Ecken Sprünge verlaufen und dass der NO.-Seite das Dach fehlt. Nördlich von da, auf der ersten Terrasse des Abhangs, der sich im Osten erhebt, steht die einsame Kirche von San Vigilio. Sie ist an ihrer genau nach NW. sehenden Eingangsseite von zahlreichen, ziemlich symmetrisch vertheilten Rissen durchzogen (Taf. II, Fig. 3), die SW.-Seite zeigt am W.-Eck einen zwar nicht starken, aber von oben bis herab ziemlich vertical verlaufenden Riss. Eine grosse Partie des Dachs ist hier herabgestürzt. Die oberste Spitze des SO.-Giebels fehlt ebenfalls. Der Thurm zeigt an der SW.-Seite unter dem Fenster einen starken Spalt. Der niedrige Anbau an der Hinterseite hat an der NO.-Seite gegen das NO.-Eck einen bedeutenden Riss, über dem auch ein Theil des Daches verloren gegangen ist. Gegen das N.-Eck zeigen sich an dieser Seite einige schwache Risse. — Ein Berichterstatter der „Provincia di Belluno" erzählt von grossartigen Felsabstürzen an den Abhängen des Monte Palantina (im SO. von Farra), sowie an den Abhängen der Berge von Salat und Vallette.

Die fünfte der Gemeinden des Alpago-Thals ist Puos, welches am rechten Ufer des Torrente Tesa dicht unter dem Abhange der Tertiärgebilde liegt. Hier ist die Zerstörung riesengross. Der Campanile ist total zusammengestürzt, die Kirche selbst hat die unmerklich gegen W. abweichende S.-Wand nebst Theilen der beiden angränzenden Mauern verloren, an den stehen gebliebenen Theilen zeigen sich indess fast gar keine Spalten. Einem Hause zunächst der Kirche jenseits des Bachs fehlt die SO.-Wand. Eines der obersten Häuser des Dorfs, am Wege gegen Garna, hat den NW.-, ein diesem gegenüberstehendes den SO.-Giebel verloren. Ungemein weitgehend aber und auffällig ist die Abdeckung der Häuser. Schon zu Torres, Codenzan und besonders auch zu Farrà zeigte sich Ähnliches, nirgends aber in einem solchen Grade wie hier, wo fast allenthalben das gesammte Balkenwerk der Dächer zusammengestürzt ist. Interessante Fälle von drehender Bewegung sah Professor v. Rath in Puos. Auch erfuhr derselbe von einem Manne, der den Kirchthurm hatte stürzen sehen, dass dieser zuerst gegen W., dann gegen O. und sodann wieder gegen W. schwingend, zusammengebrochen sei. Derselben Quelle entnehme ich ferner,

dass die schwere Deckplatte eines Thorpfeilers gegen W., der Deckstein eines andern gegen O. geschleudert worden ist. Ein Erdspalt, der bei Puos entstand, sich aber bald vollkommen wieder schloss, soll eine ostwestliche Richtung gehabt haben. Die Richtung der Bewegung selbst wird zu Puos als O.—W. oder SO.—NW. angegeben.

Von Puos gegen SW. an der Strasse, die die Hauptverkehrsader des Alpago-Gebiets ist und welche bei La Secca in die Belluneser Strasse mündet, liegt die unbedeutende Häusergruppe Bastia, die sich ganz ähnlich zu Puos verhält, wie etwa Cadola zu dem gegenüberliegenden Soccher, d. h. so viel als gar nicht gelitten hat. Ausser einer gestützten NO.-Mauer zeigt nur noch die kleine Kirche San Salvator einige Beschädigungen. Vom Thurme derselben sind einige Trümmer, besonders in SSW.-Richtung, umhergestreut worden. Auch die Häusergruppe La Secca ist ganz verschont geblieben. Man steht hier wieder am Fusse des Bergrückens von Quantin-Cadola, der bei diesem Erdbeben in ganz vorzüglicher Weise die Rolle einer „Brücke" gespielt zu haben scheint. Erst gegen den See von Santa Croce tritt man wieder in die Region der Zerstörung ein und hier ist es zunächst die Mauer, welche die Strasse gegen das Ufer abgränzt, die wieder in grösserem Massstabe beschädigt worden ist. Dieselbe, ein sehr festes und solid gebautes Mauerwerk, ist mit grossen, schweren Steinplatten belegt. Diese Platten nun sind an zahlreichen Stellen durch Risse von ihrer Unterlage abgetrennt, gelockert, verschoben oder auch gänzlich herabgeworfen worden. Eine derartige Beschädigung von grösserer Ausdehnung erscheint an einer Stelle, an welcher die Mauer nordsüdlich streicht, und zwar sind hier die Deckplatten gegen O. hinabgeworfen. An einer anderen Stelle bei SSO.-Streichen ist eine grosse Anzahl von Platten gegen W. geschleudert worden und dasselbe Streichen zieht die Mauer an einer dritten Stelle, an der sie auf eine sehr weite Strecke hin ihrer Deckplatten beraubt ist. Ebenda haben auch gewaltige Felsabstürze von den Gehängen des Monte Pascolet herab stattgefunden.

Santa Croce liegt an der SW.-Spitze des Sees. Der untere Theil des Ortes besteht nur aus zwei Häuserreihen zu beiden Seiten der Strasse, die hier beiläufig die Richtung S.—N. einhält.

Der Ort hat merkwürdiger Weise viel weniger gelitten, als man nach seiner Lage erwarten sollte. Es ist nun zwar kein Haus da, welches nicht mittelst mächtiger Stützen gesichert worden wäre, Einstürze aber sind kaum vorgekommen, sogar Risse und Spalten findet man nur hie und da und ein Einwohner versicherte mir allen Ernstes, dass es hier gar nicht so gefährlich gewesen sei. Einer jeden Beobachtung hinderlich ist auch der Umstand, dass die Häuser alle zu einem Complexe vereinigt sind. Nur die Kirche macht eine Ausnahme; auch sie zeigt aber keine Risse und ist nur an der gegen W. blickenden Seite gestützt.

Bei weitem grösser, ja sogar sehr bedeutend, ist die Zerstörung dagegen in Fadalto, obwohl dessen Entfernung von Santa Croce kaum mehr als eine Viertelstunde beträgt. Trotzdem macht die Verwüstung hier durchaus nicht jenen schreklichen Eindruck, wie man ihn zu Torres und vor allem zu Puos erhält, was wohl hauptsächlich dem Umstande zuzuschreiben ist, dass die Häuser von Fadalto sehr zerstreut liegen, während sie in den früher genannten Orten dicht zusammengedrängt sind und auf dem engen Raume die Zerstörung desto grauenhafter erscheint. Gleich das erste Haus von Fadalto, dessen Strassenfront gegen W. sieht, ist besonders an der Ostseite, aber auch im N. und S. gestützt; an der Nordseite fehlt auch ein grosser Theil des Gesimses, besonders gegen das Westeck zu, woselbst sich auch verticale Risse einstellen. Diese sind an der W.-Seite besonders zahlreich, von der verschiedenartigsten Richtung, aber schwach; die S.-Seite zeigt nur einige ganz schwache Sprünge von horizontalem Verlauf, die beiden äussersten Spitzen der Ecken fehlen hier sowie ein Stück des Gesimses von der Mitte. Von einem Hause, dessen Strassenfront bei unbedeutender Abweichung gegen O. eine nach S. gekehrte ist, stürzte das Dach nebst den obersten Partien der Hauptmauern zusammen; die trennenden Spalten sind ziemlich horizontal. Einem gegenüberliegenden Hause fehlt die SO.-Wand, einem zweiten die NWW.-Ecke und dieses zeigt auch an der S.-Seite zahlreiche verticale Risse, insbesondere gegen das O.-Eck. Ein weiteres Haus hat die O.-Wand verloren, noch ein anderes zeigt das Dach eingestürzt und von den Mauern einen grösseren Theil an der Nordseite. Viele Mauern der verschiedensten Richtungen sind gestützt.

Einem kleinen Häuschen unterhalb der Kirche fehlt die ein wenig gegen W. abweichende N.-Wand. Die Kirche selbst, deren Hauptthor gegen SW. blickt, zeigt an dieser Seite sehr verschiedenartige Risse und Sprünge, die in ihrer Anordnung einigermassen an die der Kirche von San Vigilio bei Farra erinnern (Taf. II, Fig. 4). Bedeutend stärker ist die NO.-Seite beschädigt, ein Eck des kleinen Anbaues fehlt und gegen dieses Eck hin finden sich sehr bedeutende, fast verticale Risse. Der gegenüberliegende Thurm (O.-Eck) zeigt starke verticale Spalten in seiner ganzen Höhe. In der Nähe dieser Kirche treten wieder ganz ähnliche Beschädigungen an der Strassenmauer auf, wie solche schon vom See von Santa Croce erwähnt wurden. Das Streichen der Mauer ist hier ein nordwestliches und ebenso wie am See sind auf lange Strecken hin die schweren gewölbten Deckplatten durch horizontale Risse von ihrer Unterlage abgetrennt und entweder nur gelockert und verschoben oder gänzlich herabgestürzt; etwas weiter bergan wendet sich die Strasse mehr nach N. und hier sind die Platten auf eine weite Strecke gegen WSW. hinabgeworfen. In Cima Nove am südlichen Ende des Lago morto sind in sehr übereinstimmender Weise die gegen NW. gerichteten Mauern einiger einzelnstehender Häuser, insbesondere aber deren N.-Ecken gestützt, ein Umstand, der vielleicht eher als die einander theilweise widersprechenden Beobachtungen zu Fadalto zu einem Schlusse berechtigen würde. Von da hinab gegen Serravalle verschwindet eine jede Beschädigung gänzlich und wir haben es somit abermals mit einer jener merkwürdigen Unterbrechungen der Erdbebenwirkungen zu thun, an denen dieses Erschütterungsgebiet so reich ist. Zu San Floriano bemerkt man kaum hie und da einen ganz unbedeutenden Sprung und genau dasselbe gilt für Serravalle, dessen stolze Bauten einen angenehmen Contrast bilden zu den Trümmern und Ruinen, die man lange Zeit vor Augen gehabt.

Ceneda und seine Umgebung.

Aber sowie man aus Serravalle heraustretend sich gegen Ceneda wendet (beide Orte sind jetzt zur Doppelstadt Vittoria vereinigt), zeigen sich abermals Spuren der zerstörenden Kraft

des Erdbebens. Das gilt zunächst für ein Haus, das in der Mitte des Weges zwischen beiden Städten liegt; sein schmaler gegen die Strasse gewendeter Vorbau hat an der N.- und S.-Seite das Dachgesimse verloren und ausserdem an der S.-Seite einen Riss erhalten, der sich gegen abwärts dem SO.-Ecke nähert; ein analoger, nur stärkerer Riss zeigt sich an der Südmauer des Gebäudes selbst. Das Innere des Gebäudes scheint sehr stark mitgenommen worden zu sein. In der Contrada di Scrizzi zu Ceneda sind einige Häuser an der N.-Front gestützt und haben den O.- und W.-Giebel verloren. In der Hauptstrasse ist vom Gebäude der Società al mutuo soccorso das Dachgesimse der O.-Front gänzlich herabgestürzt. Das sind aber auch alle Beschädigungen, die in den östlichen Stadttheilen vorgekommen zu sein scheinen. Gegen W. ist die Verheerung hie und da etwas bedeutender, so namentlich in der Umgebung der grossen Kirche, an deren SO.-Seite sich mitunter sehr starke, fast durchaus vertical verlaufende Spalten einstellen, welche Art von Rissen hier beinahe allein zu finden ist. Mehrere Häuser in diesem Stadttheile sind gestützt, dem einen fehlt die oberste Spitze des NW.- und SW.-Ecks, einem anderen (in der Via di Castello, die von Norden her in den Platz mündet) das SO.-Eck. Auch die vereinzelten Häuser, die noch weiter im W. und SW. zwischen den labyrinthischen Gartenmauern zerstreut liegen, haben mancherlei Beschädigungen aufzuweisen. Eines davon, dessen Front eine nordnordwestliche ist, hat beide Ecken der NOO.-Seite verloren, doch ist dieses Haus gegen W. angebaut. Ein nicht weit entferntes isolirtes Gebäude, dessen westliche Gassenfront nur ganz unbedeutend gegen N. abweicht, hat an dieser Front einen grossen Theil des Gesimses und der Mauer unter dem Dache, und zwar nur gegen das SW.-Eck hin, eingebüsst; auch hier sind die Mauerrisse vertical.

Im SW. von Ceneda erhebt sich ein niedriges, von zahlreichen fast parallelen Flussläufen durchfurchtes Plateau, an dessen östlicher und südöstlicher Seite die Strasse von Ceneda über Conegliano nach Treviso dahinläuft, während der westliche Rand vom Flusse Soligo begränzt wird. Grössere Ortschaften fehlen diesem von Pliocenablagerungen gebildeten und sehr wohlbebauten Hügellande fast gänzlich. In der Mitte desselben,

umgeben von prachtvollen Kastanienwäldern, liegt das äusserst unbedeutende Dorf San Pietro di Feletto, wo das Erdbeben die grösste Anzahl an Menschenleben gefordert hat, indem aus den Trümmern der zusammengestürzten Kirche allein 38 Todte hervorgezogen wurden. Die Längsseiten dieser Kirche sehen gegen N. und S. Es ist das Dach zusammengebrochen und auch die obersten Ränder aller vier Mauern, am meisten an der südlichen. Risse fehlen so gut wie ganz. Man hat diesen Einsturz vielleicht nicht ohne Grund der Baufälligkeit dieser Kirche zugeschrieben. Wenn man jedoch bemerkt, dass auch die wenigen Häuser, die man auf den vielverschlungenen Wegen der Umgebung noch zu Gesichte bekommt, ebenfalls nicht unerhebliche Beschädigungen an sich tragen, so dürfte auch die entgegengesetzte Vermuthung, die nämlich, dass hier das Erdbeben mit noch sehr ursprünglicher Kraft gewüthet habe, nicht so ganz zurückzuweisen sein, insbesondere da dafür auch noch andere, später zu erwähnende Gründe sprechen. Unweit San Pietro steht ein einzelnes Haus, dessen SO.-Eck abgeworfen worden ist und etwas weiter, an der Strasse gegen Conegliano, eine Klosterkirche (Rua?), an deren gegen NOO. blickender Eingangsseite beide Ecken fehlen. Weiter gegen Conegliano hinab verlieren sich alle Spuren der Erschütterung und auch in dieser Stadt selbst ist ausser einer Beschädigung des Thurmes alles glücklich vorübergegangen, wenn auch die Bewegung selbst als eine ungemein heftige übereinstimmend bezeichnet wird.

Es erübrigt somit nur noch ein geringer Theil des Zerstörungsgebietes, das ist das Gebiet der Gemeinden Capella, Sarmede, Cordignano und Fregona im Osten von Vittoria. Hier sind noch bedeutende Zerstörungen vorgekommen, sowie auch noch eine nicht geringe Anzahl von Menschen (14 nach einer Angabe) erschlagen wurden. Wenn man sich zunächst gegen Capella wendet, so stösst man bald auf ein Haus, dessen SWW.-Eck herabgestürzt ist, während andere Beschädigungen fehlen. Weiter ist von einem fast genau nach den Weltgegenden orientirten Hause der obere Theil der südlichen Mauer gefallen. An den Häusern vor Capella fand sich ein gestütztes NNO.-Eck. Einem Hause am Marktplatze dieses Ortes fehlt das Gesimse der SW.- und NO.-Seite fast gänzlich. Ein ungemein interessan-

tes Object ist eine kleine Capelle, die kurz vor Sarmede, da wo der Weg nach Villa di Villa abzweigt, steht. Sie ist ein sehr schönes Gegenstück zu der Capelle oberhalb Pieve d'Alpago oder besser, ein Spiegelbild derselben. Ihre Eingangsseite ist ganz genau nach W. gewendet und an derselben zeigen sich über der Thür und gegen das SW.-Eck starke verticale Spalten, die Nordseite hat das Dachgesimse verloren und auch das NW.-Eck fehlt vollständig, während sich gegen das NO.-Eck zu wieder ein Riss einstellt, ebenso wie an der Südseite gegen das SO.-Eck; die Ostseite dagegen ist ganz unbeschädigt. Vergleicht man diese Beschädigungen mit jenen der Capelle oberhalb Pieve, so ist die auffallendste Uebereinstimmung unverkennbar und wenn dort eine SO.-Richtung des Stosses angenommen werden konnte, so wird in dem zweiten Falle an der Thatsächlichkeit eines NW.-Stosses kaum zu zweifeln sein. Würde man aber für Pieve einen SSO.- und dem entsprechend für Sarmede einen NNW.-Stoss für wahrscheinlicher halten, so lassen sich beide auf denselben Ausgangspunkt zurückführen, wie ein Blick auf die Karte lehrt. Dieser Ausgangspunkt wird aber ganz gewiss dem Orte Pieve näher liegen als dem Orte Sarmede, was ja aus der bedeutenderen Intensität der Zerstörung um Pieve unwiderleglich hervorgeht und wofür auch der Verlauf der Spalten an den beiden Capellen noch insbesondere spricht; mithin ergibt sich aus diesem Vergleiche ein Anhaltspunkt für die Annahme, dass der Focus wirklich unweit des Sees von Santa Croce zu suchen sei.

In Sarmede selbst ist übrigens der Schaden durchaus kein beträchtlicher. An der ein wenig nach W. vorwendeten Südseite der Kirche ist das ganze Dachgesimse herabgefallen. Sarmede und Capella liegen am Fusse des Gebirges, Fregona dagegen schon in ziemlicher Höhe an dem Abhange desselben. Die Kirche von Fregona ist durch besondere Symmetrie der Risse und Spalten, welche sie erhielt, ausgezeichnet. Ihr Hauptthor ist nach SO. gekehrt; an dieser Seite bemerkt man nur einige ganz schwache Risse. An der entgegengesetzten Seite fehlt die Spitze des Giebels; die Längsmauern sind äusserlich ganz unversehrt. Im Innern gewahrt man, dass ringsum horizontale Sprünge verlaufen, welche die Wölbung von den Hauptmauern abtrennen

und ausserdem zeigen sich rechts und links in ganz merkwürdiger Gleichmässigkeit verticale Risse, die fast bis zum Boden herabreichen. Die Spitze des Thurms ist gegen SO. geschleudert worden. In dem oberhalb Fregona liegenden Mezzavilla fehlt jede hervorragendere Beschädigung. Auf dem Wege, der von Fregona gegen Ceneda führt, stösst man noch auf ein einsam gelegenes Häuschen, dessen genau nach N. sehende Wand, insbesondere gegen das NW.-Eck zu, in grosser Ausdehnung herausgebrochen ist, während dieses Eck selbst mittelst Stützen aufrecht erhalten wurde.

Übersicht und Schlussfolgerungen.

Es ist nicht das erstemal, dass die Gegend — im weiteren Umkreise wenigstens — welche am 29. Juni 1873 der Ausgangspunkt der Erschütterung war, von Erdstössen heimgesucht wurde, obwohl sie keineswegs zu den von ähnlichen Ereignissen häufiger betroffenen zählt, wenn dies zu schliessen nach den dürftigen Nachrichten, die gerade von hier aus früheren Zeiten vorliegen, erlaubt ist. Eine Intensität und Dauer, wie das Erdbeben vom 29. Juni hat indessen gewiss keine der hier in historischer Zeit stattgehabten Erschütterungen erreicht, da vom Beginne derselben bis zum 13. December nicht weniger als 95 Stösse gezählt wurden und damit die Erscheinung noch keineswegs abgeschlossen ist, wie dies der ungemein heftige Erdstoss vom 25. December beweist, der stärkste vielleicht, der seit Anfang der Erschütterungsperiode beobachtet worden ist. Es mag hier zunächst eine Übersicht der Erdbeben im Venetianischen folgen, die grösstentheils den Katalogen von A. Perrey, zum Theil auch den Zusammenstellungen von Kluge, C. W. C. Fuchs und F. Dieffenbach entnommen sind; einzelne Erschütterungen, die in den nächstangrenzenden Gebieten stattfanden, sind ebenfalls mitaufgenommen worden.

365. In dieses Jahr fällt (nach Herrn Falb, Sirius 1873, Heft XI) das Erdbeben, welches die Bergstürze im Fadalto-Thale und die Bildung der Seen veranlasste.

778. In Italien, zu Treviso und an anderen Orten, eine beträchtliche Erschütterung; Gebäude wurden zerstört und 48 Personen erschlagen.

1120. Ein grosses Erdbeben von langer Dauer im Tridentinischen.

1184. Anfang Jänner, zu Verona ein Theil des Amphitheaters niedergeworfen.

1212. Erdbeben zu Venedig. Häuser wurden zerstört. Gehört vielleicht zum nächstfolgenden.

1212, 25. December, ein Erdbeben in Oberitalien, Tirol, Deutschland. Brescia und vielleicht auch Brixen haben stark gelitten. Dauerte bis zum 11. Jänner.

1348, 25. Jänner. Das grosse Villacher Erdbeben hat auch im Venetianischen, besonders in Friaul, auf eine entsetzliche Weise gewüthet. In der Historia di Giorgio Piloni findet sich darüber folgende Stelle: Im Jahre 1348 am Tage des heiligen Paul, entstand um 5 Uhr ein sehr grosses Erdbeben, wie nie Jemand eines in diesen Gegenden erlebt hatte, welches Kirchen, Thürme und Häuser niederwarf und viele Menschen tödtete. Aber am furchtbarsten war die Zerstörung, die es in Friaul anrichtete, denn es fiel hier der Palast des Patriarchen von Udine mit vielen anderen Gebäuden, es wurde das Castell von San Daniele, von Vensone, von Tolmezzo, das Gebiet von Villach und ein grosser Theil dessen von Gemona zerstört; in Kärnthen fanden mehr als 1000 Personen den Tod; zu Venedig ward der Canal grande trocken gelegt und viele Paläste niedergeworfen. (Chronik des Erdbebens von Guernieri). Nach Perrey erstreckte sich dieses Erdbeben über die Alpen von Tirol, Kärnthen, Krain, und von Baiern bis Rom und Neapel.

1365, 4. März, zu Venedig, Padua, Treviso und Ferrara starke Erdstösse.

1367, 21. September, ein starker Stoss zu Verona.

1373 im Jänner zu Vicenza zwei starke Erdbeben.

1373, 1. März, Erdbeben zu Venedig. Desgleichen am 19. Mai und 5. Juni.

1373 im April Erdbeben in Vicenza.

1376, 12. und 19. März, 10. und 11. April, zu Vicenza sehr heftige Erdbeben.

1385, 19. September, starke Erschütterung zu Vicenza.

1409, im September zu Morano bei Trient ein Erdbeben, das eine Überschwemmung zur Folge hatte.

1487, in Padua sehr starke Erschütterung.

1503, Erschütterung zu Venedig

1511, am 26. März, Erdbeben in Venedig, Padua, Treviso, Udine u. a. O.

1570, 17—30. November, eine Erschütterung in Venedig, die ihr Centrum bei Ferrara gehabt zu haben scheint.

1624, heftiges Erdbeben zu Argento bei Ferrara, wo 130 Häuser zerstört wurden. 21. März.

1633, zu Mantua ein Stoss.

1661, 22. April, Erdbeben zu Venedig.

1670, 17. Juli, um 3 Uhr Abends, ein Erdbeben, das sich von Venedig bis Nürnberg fühlbar machte. Es werden genannt ausserdem: Regensburg, Augsburg, Donauwörth, Wildungen, Constanz, Glarus, Innsbruck, Schwatz, Hall. Zu Hall stürzten Häuser ein. Die Erschütterungen sollen bis in den Jänner des folgenden Jahres sich wiederholt haben.

1680, 1—11. April, Erdstösse zu Venedig.

1693, 28. April Erdbeben in Venedig, stärker in Mantua, zugleich in Avignon.

1695, in der Nacht vom 24—25. Februar, im Territorium von Asolano (Asolo?) in der Provinz Treviso nach Sonnenaufgang heftige Stösse, die sich durch mehrere Monate wiederholten.

1697, 2. October, in Venedig drei Stösse.

1703, am 18. Jänner, ein grosses Erdbeben zu Aquila in den Abruzzen, das sich bis Venedig und Trient ausbreitete.

1711, 10. Mai, Erderschütterung in Venedig.

1715, 29. Jänner, ein Stoss in Friaul.

1719, 7. Jänner 4 Uhr Abends, zwei Stösse zu Venedig, Padua, Ferrara, Bologna.

1750, 22. December, ein Stoss zu Neapel, Venedig und Schaffhausen.

1752, im Jänner zu Frontello bei Mantua ein Stoss.

1756, Ende Februar und Anfang März in Tirol und Venetien mehrere Stösse. Am 13. April zu Venedig zwei Stösse, ebenso zu Padua, Verona und Treviso, in welch' letzterer Stadt Kamine herabgeworfen und Häuser beschädigt wurden. Am 16. April neuerdings Erdstösse mit grossem Getöse vorher. In der Nacht vom 18—19. April ein Stoss von SO.—NW.

1756, am 17. August, einige Minuten vor 12 Uhr Mittags verursachte ein Erdbeben zu Padua grossen Schaden.

1767, 9. Februar, Erdbeben zu Genua, Nizza und bis Venedig in drei starken Stössen, schwächer zu Grasse in Frankreich. Den 7. Februar schon hatte eine Erschütterung zu Genua, Turin und in der ganzen Lombardei stattgefunden.

1771, in der Nacht vom 12—13. Jänner, ist im District von Belluno der Berg de Piz eingestürzt und ein Theil desselben in die Erde versunken. Zur selben Zeit Erdstösse in Livorno. (Ein Monte Pizzoc liegt an der östlichen Seite des Fadaltothals über Cima Nove, ein anderer dieses Namens über Santa Giustina am rechten Ufer der Piave; ein Monte Piz ist mir nicht bekannt.)

1771, 13. August, zu Castiglione im Mantuanischen, zu Ferrara, Modena u. a. O. starke Stösse.

1775, 4. Juli, um 7 Uhr Abends, Erschütterung zu Parma, um 8 Uhr Abends zu Padua.

1776, 10. Juli, $5^h\,40'$ A., fand ein heftiges Erdbeben statt, das zu Triest in drei Stössen von W.—O., zu Laibach, Venedig und Udine wahrgenommen wurde. In Friaul stürzten viele Häuser ein. Hoff datirt dasselbe vom 10. Juni.

1783, 26. März, Erdbeben in Venedig, Padua, Santa Maura und Cephalonia.

1784, 19. März 4^h A., zu Udine ein Stoss.

1785, 26. Juli, Erschütterung zu Trient und Padua. (Am 23. oder 25. Juli, 1^h M. und 6^h M., zu Steieregg, Pulgarn, St. Georg u. a. O. in Oberösterreich starke Stösse.)

1785, 22. August, Stösse in einigen Theilen Italiens. (An demselben Tage in Mähren und Schlesien, nach dem Kataloge von Jeitteles am stärksten zu Pless und Soraw.)

(1785, 1—3. October, zu Rom, Tivoli, Terni, Spoleto etc. 2—3 heftige Stösse. In der Nacht vom 1—2. October in Linz, Gallneukirchen etc. drei starke Stösse, so dass Mauern beschädigt wurden.)

1785, 27. October, Erdbeben in Venedig.

1788, 20. October, $10^h\,30'$ A., zu Tolmezzo in Friaul sehr starkes Erdbeben, so dass 7 Häuser einstürzten. Hoff gibt als Datum den 10. October und 40 eingestürzte Häuser an.

1789, 31. März, Erschütterung in Venedig, Friaul u. a. a. O.

1810, 26. December, weitverbreitetes Erdbeben. Zu Genua stürzten drei Häuser ein, zu Verona, wo der Stoss von N—S. gerichtet war, ein Haus und viele Kamine, zu Reggio 17 Kamine. Sonst werden genannt Brixen, Mantua, Venedig, Mailand, Livorno. Auch zu Augsburg will man in derselben Nacht, während ein niedagewesener Sturm wüthete, eine Erschütterung verspürt haben. (Hoff.)

1811, 29. Juli, $8^h\,26'$ M. zu Verona leichter Stoss. Desgleichen am 18. December, das vierte Erdbeben im Jahre.

1812, 25. October, $7^h\,55'$ M., in Baiern ein sehr starker und langandauernder Stoss. Zu Trient Richtung nach S. und nach NW. Zu Treviso Dauer 4—5 Secunden mit grosser Stärke. An manchen Orten wurden zwei Stösse gefühlt. Professor v. Rath erfuhr zu Puos, dass an diesem Tage zwischen 5 und 6^h M. ein sehr heftiger Erdstoss erfolgt sei, der Kamine herabwarf und Mauern spaltete. — Von andern Orten werden Laibach, Innsbruck und Rohrsdorf (wo die Mittagsglocke anschlug) genannt.

1822, 3. März, $6^h\,30'$ A., ein leichter Stoss zu Bassano.

1822, 25. und 29. August, Stösse in Venedig.

1826. (Ein durch besonders zahlreiche Erdbeben in den Alpen und Oberitalien ausgezeichnetes Jahr.)

1826, 23. Juni, $1^h\,30'$ A., zu Venedig und $8^h\,30'$ A. zu Innsbruck zwei leichte Stösse.

1826, 25. Juni, starke Stösse in ganz Tirol und Oberitalien. Zu Trient N.—S., zu Brixen N.—O., zu Roveredo SO. bis NW. Auch zu Mantua und in der Schweiz ($4^h\,15'$) bis Zürich. Um 5^h A. ein leichter Stoss (nach Anderen am 24. Juni).

1826, 27. November, ein fraglicher Stoss zu Trient.

1827, 1. April, 1^h M., in Venedig drei leichte Oscillationen; Abends zwischen 11—12^h Stösse in der Schweiz, in Trient, Venedig.

1827, 17. April, leichter Stoss zu Venedig.

1827, 2. Mai, starker Stoss zu Trient.

1828, 14. Jänner, 11^h 45′ A., starker Stoss in Venedig.

1831, 11. September, 7^h 40′ A., heftige Stösse zu Venedig, Parma und Reggio. Zu Reggio geschah Schaden, zu Parma stürzten (nach Hoff) 400 Kamine herab.

1832, 11—17. März, Stösse zu Verona, Mantua u. s. f. Das Centrum scheint auch diesmal Parma zu sein, wo in diesen letzten Jahren ungemein häufige Erschütterungen vorkamen, während in den Jahren 1833—1835 insbesondere im SO. von Parma gegen Pontremoli und Borgotaro Erdbeben stattfanden.

1833, 4. April, 4^h 15′ M. und 1^h 15′ A., Erdbeben in Vicenza.

1836, 11—18. Juni, in der Provinz Treviso sehr starke Erdstösse, der erste um 11^h A., der zweite und stärkste am 12. Juni um 3^h 35′ M., ausserdem noch 16 andere. Der Stoss vom 12. wurde an vielen Orten Oberitaliens wahrgenommen. Im Districte von Ascoli (soll doch wohl Asolo heissen!?) geschah viel Schaden.

1836, 15. Juli, um 10^h A., zu Venedig zwei Stösse von N—S. Zu Parma um 12^h 35′ A. schwache Stösse von O—N.

1836, 20. Juli, zu Bassano und Umgebung drei sehr heftige Stösse. In der Erstreckung des Berges von Borso nach Passagno wurden mehrere Häuser zerstört, zu Passagno selbst viele beschädigt. Dieser Stoss wurde auch zu Brixen wahrgenommen, zugleich mit einem Getöse, das dem Umherlaufen in obern Stockwerken glich; zudem vernahm man entfernten Donner. Auch zu Innsbruck und München ward die Erschütterung bemerkt.

1836, 26. September, 7^h 45′ A., Erschütterung in Modena, gegen 8^h in Venedig, hier O—W.

1840, 17. Jänner, Erdbeben in Mailand, Görz und Triest.

1840, 27. August, Erdstoss in verschiedenen Theilen von Lombardo-Venetien und Illyrien. Um 0^h 52′ A. zu Venedig ein

sehr starker Stoss von S—N. In Steiermark soll zur selben Zeit grosser Schaden geschehen sein.

1841, 15. und 16. October beträchtliche Erderschütterungen sehr localer Natur zu Sanguinetto in der Provinz Verona. Die erste um 2^h 30′ M., die folgenden 2^h 40′, 2^h 45′, 3^h 30 und die stärkste um 4^h. In der Nacht sah man zahlreiche Feuermeteore und gegen SW. erschien beständig ein heller Schein. Aus dieser Richtung schienen auch die Detonationen von denen die Stösse begleitet waren, zu kommen. Am 16., um 11^h A., erfolgte noch ein schwacher Stoss und neue Stösse am 29. d. M. (Am 16. October fand auch eine Erschütterung zu Werfen in Salzburg statt.)

1843, 22. August, 3^h M. und 1^h 15′ A., Erschütterung in Venedig.

1845, 21. December ein Stoss zu Venedig und Triest. Am selben Tage um 2^h M. und 9^h 20′ A. ein äusserst heftiges Erdbeben zu Laibach; SW—NO. Zahlreiche Mauerrisse. Auch zu Klagenfurt sehr stark; NW—SO. (Am gleichen Tage ein Erdbeben in den Abruzzen, speciell in Chieti.)

1850, 10. Juli, 3^h 19′ M., eine Erschütterung sehr starker Art in Udine, Triest und Görz. Am selben Tage noch zwei leichte Stösse in Görz.

1850, 1. September, zu Detenstein bei Brunnecken ein starker Stoss mit Detonation.

1851, 3. August, gegen 1^h M., Erschütterung in Mailand, Verona, Mantua, Ferrara, Venedig, Roveredo, Tione u. a. a. O.

1851, im November und December. In diese Monate fällt das sogenannte Schallphänomen von Feltre. Dasselbe machte sich in der unmittelbaren Nähe des Monte Tomatico im Süden der genannten Stadt geltend und bestand in einem von Zeit zu Zeit wiederkehrenden Geräusche, welches mit dem eines in ein grosses Wasserbecken fallenden Felsens verglichen wurde. Nach jedem Schlage erfolgte ein Erzittern des Erdbodens, das eine Oscillation von Fenstern hervorbrachte. Zum ersten Male wurde die Erscheinung am 4. oder 5. November, zum letzten Male am 26. December beobachtet. Andere Angaben lauten dahin, dass nur manchmal ein Schwanken des Erdbodens bemerkt worden und dass die Detonation überhaupt nur

drei- oder viermal so stark gewesen sei, dass man sie auch in Feltre selbst bemerkt habe, obwohl der Ort Villago, wo die Detonationen am stärksten waren, in unmittelbarer Nähe liegt. Die Untersuchung der Umgebung des genannten Ortes ergab durchaus keine Veränderung der Erdoberfläche. Die Masse des Monte Tomatico ist Jurakalk, sein Abfall gegen N. äusserst steil. Es wird auf die Ähnlichkeit dieser Erscheinungen mit dem bekannten Detonationsphänomen auf der Insel Meleda (1822—1824) hingewiesen (Jahrbuch d. geol. R. A. 1853).

1855, Anfang December starker Stoss zu Vicenza.

1856, 24. Mai, ein Stoss zu Plan im Grödner Thal.

1856, im September ein ziemlich starker Stoss zu Puos (Prof. G. v. Rath).

1856, 15. December, ein Stoss von S—N. in Riva.

1857, 7. Jänner, 6^h M., ein starker Stoss zu Tarvis. (Am 15. Jänner ein leichter Stoss in Weissbriach.)

1857, 31. Jänner, 7^h 10′ A., ein Erdbeben, das zu Parma (OSO. nach WNW), Guastalla, Padua, Venedig, aber nicht zu Borgotaro, Pontremali, Mailand, Piacenza und Genua wahrgenommen worden ist. — Berti (sulli ultimi tremuoti di Venezia 1857) verlegt sein Centrum in die Gegend zwischen Parma, Reggio und Casalmaggiore. Nach ihm wurde dasselbe zwar in Venedig, Padua, Vicenza, Verona, Treviso, Bassano, Schio, Brescia, Ferrara und Mailand, dagegen nicht zu Piacenza, Pontremoli, Borgataro und Bologna verspürt. Die Angabe Berti's gilt speciell für den zweiten Stoss, der am 1. Februar 0^h 12′ M. erfolgte. Im Gegensatze dazu liest man im betreffenden Kataloge von A. Perrey, dass zu Bologna drei Stösse in der Richtung O—W. beobachtet worden seien.

1857, 7. Februar (wahrscheinlicher 7. März), um 3^h 20′ M., zwei Stösse zu Padua (NO—SW.), ein Stoss in Venedig, (OSO—WNW.); zu Veglia ein starker Stoss von S—N., ebenso zu Triest. In Laibach von 3^h 56′—4^h fünf Stösse, der erste so stark, dass Mauern beschädigt wurden. Am 9. Februar, um 11^h 50′, neue Stösse in Laibach und Triest.

Die Stösse vom 7. Februar wurden nach Berti in fast ganz Venetien gefühlt und ihr Erschütterungsgebiet erstreckte sich von Meran bis Agram.

1857, 10. März, 4^h M., Erdbeben in der Provinz Treviso, vorzüglich in Valdobbiadeno und Pieve di Soligo, an den letztern Orten mit starkem Getöse. Berti bringt diese drei letzterwähnten Erdbeben in Zusammenhang und weist darauf hin, dass eine ihre wahrscheinlichen Centren verbindende Linie parallel zu einer grossen Erhebungsrichtung der Alpen laufe.

1859, 20. Jänner, 8^h 56′ M., Beginn des merkwürdigen und lang, andauernden Erdbebens von Collalto bei Barbisano am Soligo. Ausser auf Schloss Collalto, in dessen unmittelbarer Nähe das Centrum gewesen zu sein scheint, ward die Bewegung noch sehr stark in Falze, Pieve di Soligo, Semaglia, Moriago, Col San Martino, Guja, Combair Miane, San Pietro und bis Valdobbiadene und Vidor an der Piave wahrgenommen. Ebenso gegen O. zu Serravalle, Ceneda und Conegliano. Kaum mehr gefühlt wurde sie zu Segusino, drei Meilen von Valdobbiadene; in Udine war sie schon sehr schwach, dagegen von noch auffallender Stärke in Venedig und Triest. In Padua wurden von O—W. schwingende Uhren zum Stillstande gebracht. Die Grenzen werden bezeichnet durch Auronzo, Trient, Verona, das linke Ufer des Po und Triest; aber auch noch zu Laibach scheint die Bewegung gefühlt worden zu sein, denn es wird eine Erschütterung um 9^h 25′ M. erwähnt. Zu Collalto waren die meisten Stösse vertical. Am 29—31. April wieder sehr starke Erschütterungen. Öfters erfolgten auch Detonationen ohne Stoss. Es wird hervorgehoben, dass die Stösse besonders um 6 oder 7^h M., 1^h A., 8—9^h A. und 2^h M. eingetroffen seien. Am 20. Mai, 45 Min. nach 12^h Mittags, abermals ein sehr heftiger Stoss in Collalto. Der letzte dieser Periode am 31. Mai. Von da Ruhe bis zum 27. November. (Am 11. April Beginn eines langandauernden Erdbebens zu Siena. Am 24. April, um 8^h M., Stösse zu Schwaz, Rattenberg etc.)

1859, 23. August. An dieem Tage ein Erdstoss in Belluno. Als historisches Curiosum mag angeführt werden, dass der Ausbruch eines Vulcanes zwischen Hanale und Faibou (Distr. Agordo) gemeldet wird, eine Nachricht, die sehr bald auf einen Waldbrand, der gleichzeitig auf der Höhe eines Berges stattgefunden, zurückgeführt ward. Bekanntlich sollte auch bei Beginn des letzten Erdbebens in der Nähe des Lago di Santa Croce ein Vulcan ausgebrochen sein.

1860, 16. Juli, 11^h 57′ A., Erdbeben in Venedig von O—W. (1860, 17. Jul, 2^h 43′, vier starke verticale Stösse in Modena.)

1860, 19. Juli, 4^h 37′ A., in Venedig zwei Stösse von O—W. oder N—S. In Treviso und insbesondere in Valdobbiadene weit heftiger, Richtung O—W. Guja hat Schaden gelitten. Gegen Pieve di Soligo und Collalto auffallend schwach. Gränzen Belluno-Rovigo, Verona-Triest. Es wird hervorgehoben, dass der Stoss 24 Stunden nach einer Sonnenfinsterniss stattfand.

1861, 9. Mai, 3^h M., in Padua äusserst heftiger Stoss, dessen Centrum weit entfernt bei Città della Pieve (im SW. vom Lago Trasimeno) gelegen scheint.

1861, 19. Mai, Erdbeben in Asolo. Die Stösse erfolgen um 1^h, 3^h 50′, 10^h 28′ M.; 12^h 16′, 8^h 45′, 9^h 15′ A.; ferner am 20. Mai um 1^h und 3^h 30′ M. (?). Alle wurden auch in Castelfranco wahrgenommen. Neue Stösse erfolgten in der Nacht vom 26. zum 27. Mai.

1861, 18. December, Erdbeben in Trient.

1862, 26. Mai, Erdbeben im östlichen Tirol, westlichen Kärnthen und den angränzenden Theilen von Salzburg. Am stärksten scheint es zu Maltein aufgetreten zu sein.

1866, 2. Mai, Beginn zahlreicher Erschütterungen am Gardasee. Bei Desenzano senkte sich das Ufer. Im November war es besonders die Umgebung des Monte Baldo, welche von einer Menge von Stössen betroffen wurde. So zählte man am 9. December zu Castelleto 35 Stösse. (Neues Jahrb. f. Min. 1867.) Diese Erschütterungen wiederholten sich im Jahre 1868.

1867, 7. März, ein Erdbeben von ähnlicher Verbreitung wie das vom 26. Mai 1862 (Neues Jahrbuch f. Min. 1868.)

1867, 29. October, eine Erschütterung in Tarvis; NW—SO. (Ebenda 1868.)

'868, 22. Mai, Erdbeben in Roveredo und Condino. Stark zu Trambileno. (Ebenda 1869.)

(869, 7. Februar, Erdstösse in Arezzo, Perugia, Ancona etc. Nach Perrey am selben Tage ein Stoss in Oberösterreich. Für den 11. findet sich allerdings ein solcher auch bei Fuchs im N. J. f. M. 1870 angegeben.)

186, 14. Mai, Erschütterung in Brixen und Gröden.

186 25. Juni, gegen 3h A., zu Vicenza ein starker Stoss von NO—SW. Sehr stark auch in Urbino und Bologna.

1869, 2. October, 7h A., leichter undulatorischer Stoss in Udine. Auch in Cormons. (Neues Jahrb. 1870.)

1869, 4. November, 3h 30′ M., ein ziemlich starker Stoss in enna und Parma und zur selben Zeit zwei Stösse in rona.

1869, 2. December, 11h 40′ A., ein starker Stoss zu Görz. Am 22 um 4h M., ein zweiter mit sehr lang andauerndem Do ergetöse. Am selben Tage in Gmünd, Malta, Dornbac Hilpersdorf und Koschach. (Neues Jahrb. f. Min. 187 (Zu Gmünd auch schon am 6. October.)

1870, 28. F ruar, Erdbeben in Istrien, Kärnthen und Krain. (Am 1 und 6. März in Istrien und Dalmatien.) (Dieffenbac Plutonismus und Vulcanismus.) Ist offenbar das Erdbeb von Klana, welches seine grösste Intensität erreichte m 1. März, 10. und 11. Mai. (D. Stur im Jahrbuch der k. geol. R. A. 1871.)

1870, 18. März, rschütterung in Malcesine. (Dieffenbach l. c.)

1870, 26—27. Mai, rschütterungen in Tirol, Istrien und Venetien. In Istrien an ernd bis August. (Dieffenbach.)

(1870, 25. Mai, in strien, Lombardei, Toscana, Reggio [Dieffenbac)

1871, 14. August, Erd ss in Flitsch von NO—SW. Am selben Tage ziemlich st ke Erschütterung mit vorangehendem dumpfen Brausen Raibl. (Neues Jahrb. f. Min. 1872.)

1872, 2. Februar, 5¼ʰ A., in Primiero eine leichte Erderschütterung von S—N. (C. W. C. Fuchs im Jahrbuch der k. k. geol. Reichsanstalt 1873.)

1872, 7. Mai, Erdstoss in Venedig. (Dieffenbach.)

1872, 14. Mai, mehrere Erdstösse in Udine und Cividale (J. d. g. R. A.)

(1872, 17. Mai, Erschütterung in Laibach.)

1872, am 31. October und 1. November, Erdbeben im nordöstlichen Italien. Am 1. November, gegen 3ʰ M., ein drei Secunden anhaltendes unterirdisches Getöse ohne Erschütterung. Um 8ʰ 10′ und gegen Mittag mehrere Stösse. (J. d. g. R. A.)

(1872, 4. November, Erschütterung in Adelsberg.)

Alle diese Erschütterungen scheinen sich nicht weiter gegen Westen fortgepflanzt zu haben; wenigstens erfuhr Prof. v. Rath in Puòs, dass daselbst seit vier oder fünf Jahren nicht die geringste Bewegung stattgefunde habe, während früher schwache Stösse nicht selten gewesen seien.

(1873, 12. März, Erdbeben in Mittelitalien, speciell in der Gegend von Urbino. Zeit 9ʰ 5′. Zu fast derselben Zeit wurde auch zu Grubhof in Salzburg eine mittelstarke Erschütterung beobachtet. Grubhof ist ein Landgut ¾ St. von Lofer entfernt [Scarpelli].)

Anschliessend an diese Zusammenstellung älterer Erdbeben im Venetianischen lasse ich eine Übersicht der Erdstösse folgen, welche vom 29. Juni bis Ende December 1873 in der Provinz Belluno und deren Umgebung beobachtet worden sind, bemerke jedoch hiezu, dass dieses Verzeichniss durchaus nicht vollständig ist, obschon es die bedeutendsten Erschütterungen in sich fassen dürfte.

Anmerkung. Die folgenden Daten sind bis zum 8. August der von Herrn A. Guernieri herausgegebenen „Provincia di Belluno“ und der Chronik des Erdbebens; von dem genannten Tage ab zum grössten Theile der „Gazetta di Trento“ entnommen.

Datum	Stunde	Intensität	Richtung	Nebenerscheinungen	Beobachtungsort
22. Juni	Vormittags . . .	. . . . .	. . . .	. . . . .	mehrere fragliche Erdanschüttungen z. Glurns in Tirol
28. „	11^h A.	leichte Erschütterung . .	. . . .	. . . . .	Mittersill, Brunnecken u. Sillian (hier ohne Zeitangabe)
„ „	10^h und 12^h A.	leises Zittern	. . . .	. . . . .	Lienz in Tirol
„ „	vor 12^h A. und nach 1^h M. am 29. J.	schwache Erschütterung	. . . .	. . . . .	Malborgeth
„ „	10^h 15′ A.	leichte Bewegung . . .	. . . .	2^h M. am 29. J. unterird. donnerähnliches Rollen	Laibach
„ „	11^h A. und gegen 3^h M. am 29. J.	Erschütterung	. . . .	. . . . .	Krapina-Töplitz
29. „	2^h M.	. . . . .	. . . .	. . . . .	Klagenfurt
29. Juni	circa 5^h M.	Hauptstoss	. . . .	. . . . .	(siehe die Berichte)
„ „	eine halbe St. später	ein zweiter, leichter Stoss	. . . .	. . . . .	Belluno auch zu Riva, Trient, St. Ullrich Windischmatrey
„ „	10^m nach diesem	ein dritter Stoss fast unmerklich	. . . .	. . . . .	Belluno
„ „	12^h 30′	kurz, stark	. . . .	. . . . .	Belluno
„ „	im Laufe des Tages	noch an zwölf Stösse . .	. . . .	. . . . .	Belluno

Datum	Stunde	Intensität	Richtung	Nebenerscheinungen	Beobachtungsort
30. Juni	den ganzen Tag	leichte Stösse	. . . .	das Wasser der Brunnen fliesst intermittirend stärker oder schwächer	Belluno
1. Juli	—	fortwährende Schwankungen . . . . . zu Cornei stürzen noch zwei Häuser ein.	. . . .	. . . . .	Alpago
2. „	5h 15′ M.	ein Stoss	. . . .	. . . . .	Belluno
3. „		heftiger Stoss	. . . .	(von diesem Tage datirt die Nachricht von einer Eruption am See) . .	besonders im Alpagothale
5. „	gegen 1h M.	ziemlich starker Stoss .	. . . .	. . . . .	Tambre
„ „	am Morgen	„ „ „ .	. . . .	. . . . .	Tambre
„ „	9h 47′ M.	starke, nach und nach schwächer werdende Erschütterungen . . .	. . . .	Dauer circa 30 Secunden	Belluno, Ponte nelli Alpi, Ceneda, Fadalto
„ „	fortdauernde Erschütterungen an diesem Tage		. . . .		
	am Morgen	starke Stösse	. . .	meist mit Getöse . . .	Puòs d'Alpago
	3h 25′ A. (?)	drei schnell folgende Stösse	. . . .		
	8h 50′ A. (?)	der letzte Stoss	. . . .		

6. Juli	abermals den ganzen Tag über	meist undulatorisch, aber auch sussultorisch	vom See	mit Getöse oder auch Getöse ohne Erschütterungen. Das Getöse oft so stark wie Geschützdonner	Puòs d'Alpago
„ „ (oder 7. J.?)	2ʰ 12 M. und 10ʰ 14′ (M. oder A.?)	schwache Erschütterung	NO—SW	. . . . .	Belluno. An diesem Tage auch in Vittoria
7. Juli	9ʰ 44′ A.	leicht	. . . .	. . . . .	Belluno
8. „	6ʰ 15′ und 9ʰ 45′ M.	das letzte ein empfindlicher Stoss	. . . .	. . . . .	Belluno
9. „	1ʰ 38′ und 3ʰ 4′ M.	leichte Erschütterung . .	. . .	. . . . .	Belluno
„ „	4ʰ 30′ M	empfindlicher Stoss . . .			
„ „	den ganzen Tag über	zahlreiche Erschütterungen	. . . .	mit Getöse	Alpago
10. „	5ʰ 5′ M.	leichter Stoss	. . . .	. . . . .	Belluno
11. „	2ʰ 43′ M.	ein starker Stoss	. . . .	mehrere schon beschädigte Gebäude eingestürzt	Farra
„ „	2ʰ 43′ M.	fühlbarer Stoss	(O-NW.!)	undulatorisch	Belluno
„ „	2ʰ 38′ M.	starker Stoss	. . .	gefolgt von fortdauerndem Getöse	Puòs
„ „	3ʰ 30′ und 3ʰ 38′ M.	neue schwächere Stösse .			
12. „	gegen 2ʰ M.	Erschütterung	. . . .	. . . . .	Gloggnitz in Niederösterreich

Datum	Stunde	Intensität	Richtung	Nebenerscheinungen	Beobachtungsort
30. Juni	den ganzen Tag	leichte Stösse	. . . .	das Wasser der Brunnen fliesst intermittirend stärker oder schwächer	Belluno
1. Juli	—	fortwährende Schwankungen . . . . . zu Cornei stürzen noch zwei Häuser ein.	. . . .	. . . . .	Alpago
2. „	5ʰ 15′ M.	ein Stoss	. . . .	. . . . .	Belluno
3. „		heftiger Stoss	. . . .	(von diesem Tage datirt die Nachricht von einer Eruption am See) . .	besonders im Alpagothale
5. „	gegen 1ʰ M.	ziemlich starker Stoss .	. . . .	. . . . .	Tambre
„ „	am Morgen	„ „ „ .	. . . .	. . . . .	Tambre
„ „	9ʰ 47′ M.	starke, nach und nach schwächer werdende Erschütterungen . . .	. . . .	Dauer circa 30 Secunden	Belluno, Ponte nelli Alpi, Ceneda, Fadalto
„ „	fortdauernde Erschütterungen an diesem Tage		. . . .		
	am Morgen	starke Stösse	. . .	meist mit Getöse . . .	Puòs d'Alpago
	3ʰ 25′ A. (?)	drei schnell folgende Stösse	. . . .		
	8ʰ 50′ A. (?)	der letzte Stoss	. . . .		

6. Juli	abermals den ganzen Tag über	meist undulatorisch, aber auch sussultorisch	vom See	mit Getöse oder auch Getöse ohne Erschütterungen. Das Getöse oft so stark wie Geschützdonner	Puòs d'Alpago
„ „ (oder 7. J.?)	2ʰ 12 M. und 10ʰ 14′ (M. oder A.?)	schwache Erschütterung	NO—SW	. . . . .	Belluno. An diesem Tage auch in Vittoria
7. Juli	9ʰ 44′ A.	leicht	. . . .	. . . . .	Belluno
8. „	6ʰ 15′ und 9ʰ 45′ M.	das letzte ein empfindlicher Stoss	. . . .	. . . . .	Belluno
9. „	1ʰ 38′ und 3ʰ 4′ M.	leichte Erschütterung . .	. . .	. . . . .	Belluno
„ „	4ʰ 30′ M	empfindlicher Stoss . . .			
„ „	den ganzen Tag über	zahlreiche Erschütterungen	. . . .	mit Getöse	Alpago
10. „	5ʰ 5′ M.	leichter Stoss	. . . .	. . . . .	Belluno
11. „	2ʰ 43′ M.	ein starker Stoss	. . . .	mehrere schon beschädigte Gebäude eingestürzt	Farra
„ „	2ʰ 43′ M.	fühlbarer Stoss	(O-NW.!)	undulatorisch	Belluno
„ „	2ʰ 38′ M.	starker Stoss	. . .	gefolgt von fortdauerndem Getöse	Puòs
„ „	3ʰ 30′ und 3ʰ 38′ M.	neue schwächere Stösse .			
12. „	gegen 2ʰ M.	Erschütterung	. . . .	. . . . .	Gloggnitz in Niederösterreich

Datum	Stunde	Intensität	Richtung	Nebenerscheinungen	Beobachtungsort
1. August	$2\frac{1}{2}$ und 8^h M.	starke Stösse	. . . .	. . . . .	zu Vittoria (es wird bemerkt, dass die schwächeren gar nicht mehr gezählt wurden)
„ „	fortwährende	Erschütterungen	. . . .	. . . . .	Belluno
„ „	c. 2^h und 4^h M.	stärkere Stösse	. . . .	. . . . .	Belluno; viel bedeutender noch zu Chiès
3. „	6^h 15′ M.	. . . . .	. . . .	sehr schwaches, dumpfes Getöse, das von N. zu kommen schien . . .	Weg zwischen Chiès und Codenzan
6. „	c. 5^h 45′ A.	. . . . .	. . . .	zweimaliges dumpfes Getöse aus der Richtung des Bosco del Cansiglio her	Santa Croce
8. „	8^h 5′ M.	ein äusserst heftiger Stoss	. . . .	rüttelnd zu Cadola . . .	Cadola, Socchèr, Belluno
„ „	„ „ „	. . . . .	S—N	. . . . .	Alpago. — Derselbe Stoss auch zu Vittoria, Sacile, Feltre, Primolano, Trient, Roveredo, Denno, weiter aufwärts an der Etsch und Eisack kaum, wenigstens nicht zu Botzen und Brixen
„ „ (?)	8^h 28′, 8^h 58′ M., 10^h 10′, 12^h 14′ A.	starke Stösse, besonders der um 2^h A.	. . . .	. . . . .	Florenz

5. Sept.	15ʰ 15′ A.	schwacher Stoss	. . . .	. . . . .	Belluno
9. „	5ʰ 40′ A.	ein ziemlich starker Stoss	. . . .	. . . . .	„
„ „	7ʰ 40′, 8ʰ 10′, 11ʰ 15′ A.	schwächere Stösse . . .	. . . .	. . . . .	„
„ „	4ʰ M.	zwei leichte Stösse . .	. . . .	. . . . .	Reggio di Modena
11. „	. . . . .	ein sehr starker sussultorischer Stoss	. . . .	. . . . .	Cosenza in Calabrien
17. „	c. 8ʰ A.	äusserst heftiger Stoss .	. . . .	. . . . .	Belluno, Vittoria, Treviso etc.
„ „	„ „ „	zwei leichte Stösse, der zweite stärker	. . . .	. . . . .	Storo in Südtirol
„ „	8ʰ 10′ A.	zwei leichte Stösse, der erste von 6 Sec. Dauer, der zweite sussultorisch	. . . .	. . . . .	Denno in Südtirol
„ „	8ʰ 30′ A.	Erderschütterung . . .	. . . .	. . . . .	Genua und Livorno
30. „	„ „ „	ein leichter Stoss . . .	. . . .	. . . . .	Siena
Nacht vom 30-31. Oct.	. . . . .	ein sehr heftiger Stoss .	O—W	wellenförmig	Umgebung von Rottenmann in Steiermark, besonders zu Trieben und Sct. Lorenzen
18. Decbr.	c. 8ʰ M.	ein leichter Stoss . . .	. . . .	. . . . .	Belluno
„ „	„ „ „	bedeutend starker undulatorischer Stoss . .	. . . .	. . . . .	Perarolo

Datum	Stunde	Intensität	Richtung	Nebenerscheinungen	Beobachtungsort
20. Decbr.	$10\frac{1}{2}^h$ M.	zwei kurze sussultorische, sehr fühlbare Stösse . .	. . . .	einzelne Häuserrisse . .	Belluno. Alpago, Fadalto Vittoria
25. „	3^h M.	ein Erdstoss	. . . .	. . . . .	Belluno
„ „	6^h 25′ M.	äusserst starker undulatorischer Stoss, vielleicht der stärkste seit Beginn	NNW. nach SSO zu Belluno	In Belluno an vielen Häusern Risse, in den Vorstädten Pra und Piave mehrere Kamine herabgeworfen; Schaden zu Sarmede etc.	Belluno, Feltre, Mel, Vittoria, Conegliano, Sarmede etc.
„ „	3^h 15′ und 6^h 35′ M.	zur ersten Stunde zwei Erdstösse, zur letzteren zwei wellenförmige Erderschütterungen	S—N	Schwanken von Möbeln .	Cortina d'Ampezzo
„ „	nach 6^h M.	wellenförmiger Erdstoss	S—N	. . . . .	Botzen
„ „	11^h A.	Erdstoss	. . . .	. . . . .	Belluno

Es sind in dieser Tabelle mehrere Erdbeben angeführt worden, welche strenggenommen nicht hieher gehören. Ihre Aufnahme erschien mir aber deshalb von einigem Interesse, weil sie zumeist gerade in Zeiten fallen, zu welchen auch bei Belluno die Erdbebenthätigkeit offenbar eine gesteigerte war. Das gegentheilige Verhalten findet sich bei dem heftigen Erdstosse, der zu Rottenmann in Obersteiermark am 30. October beobachtet wurde, indem dieser in eine Zeit fällt, in der das Gebiet von Belluno wenn auch nicht vollkommen ruhig war, so doch gewiss nicht von empfindlicheren Stössen betroffen wurde. Die eigenthümliche Abgrenzung, die das Erdbeben vom 29. Juni gegen das Ennsthal fand, lässt auch diesen Fall nicht ganz uninteressant erscheinen.

Wirft man einen Blick auf die vermittelst der Karte zu übersehende Verbreitung der Erschütterung vom 29. Juni 1873, soweit sich dieselbe über alpines Gebiet erstreckte, so zeigt sich vor allem, dass die Fortpflanzung der Stösse durchaus keine nach allen Seiten gleiche war. Insbesondere fehlt aus Steiermark eine jede Nachricht mit Ausnahme des südlichsten Theiles (Cilli) und der nordwestlichsten Ecke (Aussee). Hingegen ist durch eine Anzahl negativer Berichte, aus Radstadt, St. Michael, Irdning, Rottenmann, Admont, Knittelfeld, Leoben, Frohnleiten, Voitsberg, Wolfsberg, Lavamünde und Marburg die Begrenzung des Schüttergebietes nach dieser Seite genügend festgestellt. Hieraus ergibt sich ein gegen Salzburg ziemlich spitz einspringender Winkel oder eine Einschnürung des erschütterten Theiles der Erdoberfläche, während gegen Norden eine abermalige Erweiterung eintritt, da die Bewegung noch im grössten Theile von Oberösterreich, und zwar bis nahe zur böhmischen Grenze (Summerau bei Freystadt) wahrgenommen worden ist. Das dürfte zugleich der nördlichste Punkt auf dieser Seite sein, etwa in gleicher Breite gelegen mit Augsburg im Westen. Für Baiern mangelt eine schärfere Begrenzung und konnten nur die aus Zeitungsnachrichten bekannt gewordenen Orte eingetragen werden. Von Mondsee in Oberösterreich ging eine negative Nachricht ein. Ein ähnliches Verhalten wie gegen O. scheint sich auch in W. wiederzufinden, eine Verengung des Schüttergebietes nämlich, und zwar in gleicher Breite mit der

Einbuchtung von Obersteiermark und Salzburg. Zum mindesten wurde eine Erschütterung in dem durch wiederholte sehr locale Erdstösse im Jahre 1872 ausgezeichneten Schruns (Vorarlberg) nicht beobachtet, was um so auffallender ist, als im Norden davon die Bewegung in besonderer Stärke aufgetreten zu sein scheint. Da auch aus den angrenzenden Theilen der Schweiz durchaus keine Nachrichten über eine stattgehabte Erschütterung bekannt geworden sind, so wird vielleicht auch auf dieser Seite eine Ausbuchtung des erschütterten Gebietes anzunehmen sein, während sich im Norden dieser durch die Linie Radstadt-Schruns gegebenen Einschnürung eine abermalige Ausdehnung der Bewegung gegen NO. und NNW., verbunden mit erhöhter Intensität, geltend macht. Etwas Ähnliches scheint auch im Süden respective SW., in der Richtung auf Mailand und Genua stattzufinden, doch sind hier die Nachrichten viel zu ungenügend, um ein richtiges Bild geben zu können.

Im Einklange mit der eben hervorgehobenen verhältnissmässig geringen Verbreitung der Erschütterung gegen Nordost steht die Thatsache, dass in der Umgebung von Klagenfurt und Villach die Bewegung eine durchaus nicht besonders starke gewesen sein kann, wie sich einerseits aus den brieflichen und Zeitungsnachrichten, andererseits aus den an Ort und Stelle eingezogenen Erkundigungen ergibt. Desto merkwürdiger bleibt denn der Umstand, dass gerade gegen NO., weit entfernt von dem zusammenhängenden Schüttergebiete, noch an zwei Orten (an dem einen allerdings nicht genau zur selben Zeit) eine deutliche Erschütterung constatirt worden ist, und um so interessanter wird diese Sache deshalb, weil beide Punkte, Kapfenberg und Wien, auf der von Prof. Suess nachgewiesenen, durch eine Reihe sehr bestimmter Stosspunkte gebildeten Mürzlinie, beziehungsweise deren Fortsetzung, der Thermenspalte von Niederösterreich, liegen. Noch auf eine andere sehr eigenthümliche Wechselbeziehung zwischen zwei als solche anerkannten habituellen Stosspunkten machte ebenfalls Prof. Suess (Die Erdbeben Niederösterreichs) aufmerksam und die Begrenzung des hier besprochenen Schüttergebietes ist ganz geeignet, neues Licht auf denselben Fall zu werfen. Es handelt sich um die in scheinbar ganz bestimmten Verhältnissen zu einander stehenden Stoss-

punkte von Rosegg und Admont - Windischgarsten. Bei der Erschütterung im Jahre 1857 und 1858 wird nämlich ganz ausdrücklich hervorgehoben, dass die Erdstösse vom 24. December weder in Leoben (Mürzlinie) noch in Aussee wahrgenommen worden sind. In unserem Falle nun haben wir gerade das Gegentheil zu verzeichnen. Während einerseits Kärnthen, andererseits Oberösterreich erschüttert wurde, bleibt das dazwischen liegende obere Ennsthal vollkommen ruhig und die aus Admont, Rottenmann, Irdning, Radstadt eingegangenen Nachrichten stellen aufs bestimmteste jede Bewegung in Abrede; es ist nur ein Punkt im ganzen Nordwesten von Steiermark, der die Erschütterung mitmachte, und das ist Aussee, und andererseits konnte auch die Mürzlinie, obwohl schon ausserhalb des Schüttergebiets gelegen, nicht ganz ruhig bleiben, indem wenigstens ein Punkt von einem starken Stosse betroffen wurde. In diesem ganzen genauer begrenzten Theile der erschütterten Oberfläche macht sich zudem eine sehr bestimmte Abhängigkeit von den Flussläufen geltend und eben jene grosse Einschnürung desselben gegen Salzburg entspricht dem Oberlaufe der Enns und der Mur vollkommen. Nur Tamsweg macht hier eine unerwartete Ausnahme. Auch weiter gegen Osten tritt diese Abhängigkeit noch hervor. Über die Niederung von Klagenfurt hinaus erstreckte sich in dieser Richtung die Erschütterung nicht. Jenseits Cilli ist es nicht gelungen, eine bestimmte Grenze festzustellen. Während die Berichte aus Krapina-Töplitz die Bewegung als eine nur mehr ganz unbedeutende erkennen lassen, ist dieselbe in Karlstadt merkwürdigerweise ungemein stark und von sehr langer Dauer gewesen. Weiter im Osten führt Herr Falb („Provincia di Belluno") noch Klausenburg in Siebenbürgen an, doch ist der Zusammenhang hier wohl etwas problematisch, was auch für Saybusch bei Biala in Galizien gilt, von wo der „Deutschen Zeitung" am 6. Juli berichtet wurde, dass gleichzeitig mit dem Belluneser Erdbeben auch hier in zwei ihrer Lage und Bauart einer Erschütterung mehr ausgesetzten Häusern ein schiffsähnliches Schwanken bemerkt worden sei. Auch über directe Anfrage ist etwas Bestimmteres hierüber nicht in Erfahrung zu bringen gewesen.

Das Erschütterungsgebiet des Erdbebens vom 29. Juni 1873 erstreckt sich mithin über die ganze Breite der Alpen und reicht

weit nach Baiern und Oberösterreich hinein, andererseits aber überschreitet es auch den Apenin und ist der Stoss noch in Genua und Livorno fühlbar gewesen. Es ist vielfach darauf hingewiesen worden, dass Erderschütterungen in ihrem Verlaufe zumeist den grösseren Gebirgsketten zu folgen pflegen. Hier ist weit eher das Gegentheil der Fall. Aber dieses Erdbeben steht darin nicht vereinzelt, und gerade in diesem Theile sind die Alpen schon mehrfach in vergangenen Jahrhunderten von querdurchsetzenden Bodenbewegungen betroffen worden. Allen voran steht hier das furchtbare Erdbeben vom 25. Jänner 1348, welches von Deutschland bis Rom und Neapel sich erstreckte. Von anderen Erschütterungen dieser Art seien erwähnt: das Erdbeben vom 25. December 1212; das vom 17. Juli 1670, dessen Centrum wahrscheinlich Hall in Tirol war; das Erdbeben vom 26. December 1810; jenes vom 25. October 1812, das dem hier behandelten am nächsten zu stehen scheint und vielleicht sogar von demselben Punkte ausging; jenes vom 23. (?) und 25. Juni 1826 und endlich jenes vom 20. Juli 1836, dessen Centrum unweit des diesmaligen Zerstörungsgebietes, bei Borso und Passagno im Districte von Asolo liegt.

Da ferner die am Nordrande der Alpen wiederauflebende Stärke der Erschütterung einer der auffallenderen Umstände ist, so will ich auf einige ähnliche Fälle hinweisen, in welchen gleichzeitig Bodenbewegungen am nördlichen Abhange der Alpen und in Oberitalien beobachtet worden sind. Es mag dies Zufall sein, verdient jedoch immerhin einige Beachtung. Zwei von diesen Fällen scheinen allerdings etwas zweifelhaft; es sind die Erdbeben vom Jahre 1785 und 1869 (17. Februar); zwei andere aber, und zwar die Erschütterungen vom 16. October 1841 und vom 12. März 1873 werden kaum als unrichtige Angaben betrachtet werden können.

Der Charakter der Erschütterung ist an den verschiedenen Orten, aus welchen Berichte vorliegen, wollte man alle diese hierin für unbedingt zuverlässig halten, ein sehr verschiedener gewesen. Die meisten geben zwei Stösse an, von denen bald der erste, bald der zweite als der stärkere bezeichnet wird. An einzelnen Orten, aus denen mehrere Beobachtungen angeführt werden konnten, widersprechen sich diese, aus anderen

lauten die Angaben nur ganz unbestimmt. Eine Anzahl von Nachrichten charakterisirt die Erschütterung einfach als wellenförmige Bewegung, eine Anzahl spricht von mehreren Stössen. Unter allen sind am zahlreichsten jene, welche zwei bestimmte Abschnitte in der Bewegung erkennen lassen, mögen sie nun von zwei Stössen reden, oder von oscillirender Bewegung oder von zwei wellenförmigen Erschütterungen. Wo eine genaue Unterscheidung gemacht wird, da findet man meist die zweite Bewegung als die stärkere bezeichnet, selten die erstere. Nur sehr vereinzelt finden sich Angaben über mehr als zwei Stösse; so werden drei erwähnt von Berg bei Greifenberg, Villach, Laibach, Gottschee, St. Ullrich, Kremsmünster, Kletzenmarkt. Mit diesen Angaben stimmen ferner die drei wellenförmigen Erschütterungen zu Krainburg, Ried, Tamsweg, bezüglich auch die Angabe von vier Wellenbewegungen zu Radmannsdorf und Landstrass, wie denn überhaupt die Berichte aus Krain und Oberösterreich eine gewisse Gleichartigkeit erkennen lassen. Das Gleiche gilt auch für Südtirol, wo die Berichte aus Denno, Malé, Riva, Trient und Roveredo gleichlautend einen Stoss mit nachfolgendem Schwanken angeben. Sehr vereinzelt mit sechs Stössen steht Ischl. Einer rüttelnden Bewegung erwähnt der interessante Bericht aus Kapfenberg, ausserdem der von Linz. Eine zuerst horizontale, dann von einem verticalen Stosse gefolgte Erschütterung ward beobachtet zu Gottesthal in Kärnthen (zwischen Villach und Rosegg gelegen), zu Zell am See und wie es scheint, auch in München; ähnlich sind auch die Berichte aus Luserna und Padua. Die Mannigfaltigkeit, welche sich in diesem Punkte zeigt, lässt somit gewiss nichts zu wünschen übrig, und verbindet man hiemit noch die Art und Weise, in der das Erdbeben im Gebiete von Belluno und Alpago auftrat, so wird kaum noch etwas fehlen, um die Reihe der möglichen Erschütterungsarten vollständig zu machen. Ich will hier nicht die merkwürdigen Fälle von rotatorischer Bewegung anführen, welche Prof. v. Rath in Puòs und Herr Falb in Farra sahen, sondern nur eine Schilderung des Erdbebens, wie es zu Puòs auftrat und die ich den Mittheilungen des Erstgenannten entlehne, folgen lassen: Es war am Peter- und Paulstage, um 5 Uhr Morgens, da fing die Erde zu beben an, erst einige Secunden wellenförmig, dann auf-

und niederstossend, fürchterlich; nun vermischten sich beide Bewegungen und es war, als ob wir umgeschwungen würden. Ein furchtbar rollendes Donnern, vermischt mit Detonationen, wie von Kanonenschüssen, liess sich zugleich vernehmen. Es schien das Donnern sowohl unter als über uns zu dröhnen. Da stürzten die Mauern der Häuser. Eine dichte Staubmasse umhüllte alles und hinderte zu sehen. Man hörte das Stürzen der Häuser, das Geschrei der Menschen, theils laut, theils gedämpft von solchen, die unter den Trümmern lagen. (Als Richtung wird zu Puòs O. nach W. oder SO. nach NW. angegeben.)

Es wäre überflüssig, wollte ich hier auch noch die Beobachtungen und Schilderungen des Erdbebens zu Belluno hinzufügen, da diese der voranstehenden ungemein ähnlich, ja mit denselben beinahe identisch sind. Nur die Angaben über die Richtung weichen ab, indem die Bewegung hier als O. nach W. oder NO. nach SW. bezeichnet wird. Zu Beginn des Erdbebens sollen auch verticale Stösse empfunden worden sein. Eine Abweichung liegt endlich auch noch darin, dass hervorgehoben wird, es sei das Getöse der Erschütterung vorangegangen. Ein Schallphänomen wurde auch an zahlreichen ausserhalb des Zerstörungsgebietes liegenden Orten wahrgenommen und es wird zum Theil als den Stoss begleitend, zum Theil als diesem vorausgehend oder ihm nachfolgend geschildert. Nur drei Beobachter (Hall, Linz und Rosseg) betonen ausdrücklich, dass eine solche Nebenerscheinung an den betreffenden Orten nicht beobachtet wurde. Die meisten heben hervor, dass das Getöse der Erschütterung voranging, nur zwei, und diese in etwas undeutlicher Fassung, sprechen von nachfolgendem Getöse (Oberlech, Innsbruck). Der Bericht von Weissenfels endlich sagt, dass die Bewegung vor- und nachher von einem Schallphänomen begleitet worden sei. Merkwürdig ist die Beobachtung des Herru Bergrathes Pohl in Aussee, welcher deutlich ein Geräusch wahrnahm, ohne den Stoss zu fühlen. Ein anderer Beobachter zu Aussee vernahm ein Geräusch, das von oben zu kommen schien und Ähnliches sagen die Nachrichten aus Mittersill, Kitzbühel und Pfunds. Während fast in allen dem Centrum näherliegenden Orten Südtirols ein Getöse wahrgenommen wurde, erwähnen nur die wenigsten der Berichte von Kärnten und Krain eines solchen.

Des Schallphänomens im Centrum der Erschütterung ist schon oben gedacht worden und ich füge hier nur noch hinzu, dass daselbst auch zahlreiche Rombi ohne gleichzeitigen Stoss beobachtet worden sind.

Auch von Luftbewegungen liegen aus einzelnen Orten Nachrichten vor, und zwar geben die meisten einen urplötzlichen Windstoss bei ruhiger Luft und heiterem Himmel an. Es sind besonders Mittersill, Salzburg, Weitensfeld, Landstrass und Klagenfurt, die solcher Erscheinungen erwähnen. Einige andere Berichte lassen dergleichen wenigstens vermuthen. Lichterscheinungen scheinen nirgends wahrgenommen worden zu sein.

Über Wasserbewegungen wird vom Tegernsee, vom Millstätter See und vom Lago di Santa Croce berichtet. Was den letzteren betrifft, so wurde constatirt, dass sich am Morgen des 29. Juni der Wasserstand desselben um mehr als einen Fuss hob und nach wenigen Stunden in sein gewöhnliches Niveau zurückkehrte (Chronik des Erdbebens von A. Guernieri). Es wird hinzugefügt, dass dies nichts neues oder ungewöhliches sei, indem der See häufig solche Veränderungen des Wasserspiegels zeige. Die Nachricht, dass das Wasser des Sees siedend heiss gewesen sei, gehört offenbar in das Gebiet der Fabel.

Störungen von Quellläufen und Bildung neuer Quellen sind eine so gewöhnliche Folge heftiger Erderschütterungen, dass ihr Auftreten auch in unserem Falle ohne weiters vorausgesetzt werden konnte. Das Wasser der Brunnen zu Belluno floss längere Zeit hindurch intermittirend, stärker und schwächer, die Gewässer in Chiès und in den „Lawinen" zwischen Chiès und Irrighe verschwanden plötzlich und erschienen nach drei Stunden wieder, die Thermen von Veno d'Oro bei Belluno zeigten einige Minuten vor dem Stosse blutroth gefärbtes Wasser, welche Färbung sich ganz allmälig wieder verlor; die Quellen von Arsiè und Socchèr blieben unmittelbar nach dem Stosse aus und brachen nach 15 Min. mit Schlamm getrübt wieder hervor, und so liesse sich noch manche ähnliche Erscheinung anführen. Auch einige ganz neue Quellen entstanden; so eine in den Sümpfen von La Secca, die zweite am See von Santa Croce; beide gaben schwefelwasserstoffhaltiges Wasser. Die letztere habe ich besucht; sie befindet sich dicht am Ostufer des

Sees im Süden von Farra, unweit der Localität Poggiate und quillt unter einer niedrigen Stützmauer eines Gartens hervor. Ihr Wasser ist leicht bläulich gefärbt, einen Geruch oder Geschmack konnte ich jedoch durchaus nicht wahrnehmen. Am Tage vor dem starken Stosse des 27. Juli wurde ein plötzliches und höchst auffälliges Anschwellen des Torente Turiga, der am Abhange des Monte Faverghera entspringt und sich bei Visome in die Piave ergiesst, bemerkt, und etwas Ähnliches soll auch schon vor der Haupterschütterung beobachtet worden sein.

Die Intensität der Erschütterung war, wie aus oben Dargelegtem hervorgeht, in dem verhältnissmässig so kleinen Gebiete von Belluno, Alpago und Ceneda eine äusserst bedeutende und kann hier wohl denen der grössten Erdbeben an die Seite gestellt werden. Über dieses Gebiet hinaus nimmt sie sehr rasch ab, jedoch nicht nach allen Seiten gleichmässig, wie sich ja schon aus der wenigstens nach einer Seite hin festgestellten Grenze des Schüttergebietes entnehmen lässt. Gegen Nordost scheint sich die Kraft des Stosses am schnellsten abgeschwächt zu haben, obwohl sie stellenweise aus dem südwestlichen Kärnten noch als sehr bedeutend angegeben wird. In der Umgebung Villachs war sie es bestimmt nicht mehr, da die Bewegung hier von Vielen nur äusserst schwach oder nicht empfunden wurde, während man an einzelnen Orten (Federaun an der Gail) gar nichts davon bemerkt haben wollte. Auch gegen das Iselthal und die Grenzen Salzburgs sowie in der entsprechenden Distanz vom Centrum gegen NW. ist eine allmälige gleichmässige Abnahme nicht zu verkennen. Desto mehr muss es auffallen, wenn die Berichte aus dem westlichen Theile Salzburgs, aus den angrenzenden Theilen Tirols und von da an an dessen Nordgrenze hin, sowie aus Oberbaiern und Vorarlberg mit einem Schlage wieder eine erhöhte Intensität der Erschütterung in diesen vom Stosscentrum schon so weit entfernten Gegenden nicht nur vermuthen lassen, sondern durch ihre Uebereinstimmung fast zur Gewissheit machen. Vor allem sind die Nachrichten aus Zell am See und Mittersill derart, dass man hier wohl ein secundäres Erschütterungsgebiet anzunehmen berechtigt ist, und von da aus erstreckt sich eine Zone heftigerer Bewegung über Kitzbühel, Kufstein, Tegernsee, Seefeld, Vils gegen

den Bodensee, an dessen Ostende die Erschütterung abermals einen besonders heftigen Charakter angenommen hat. In Übereinstimmung mit dieser Zone stärkerer Erschütterung scheint die Verbreitung des erschütterten Gebietes im Norden dieser Linie zu stehen. Wenn es Bilder zu gebrauchen erlaubt wäre, so könnte man für diesen Fall die gesammte Alpenkette mit einem Balken vergleichen, der, auf Biegung in Anspruch genommen, in der Mitte eine neutrale Zone aufweist, während die an der concaven und convexen Seite gelegenen Partien am meisten der Wirkung der Kraft ausgesetzt sind.

Ein Umstand, dessen zu erwähnen nicht ganz überflüssig sein wird, ist der, dass auch die Intensität eine gewisse Abhängigkeit von den Thallinien erkennen lässt, indem die Orte, welche in Thälern vom südnördlichen Streichen liegen, im Allgemeinen stärker erschüttert worden zu sein scheinen als solche in von O—W. verlaufenden Thälern. Dieses Verhältniss tritt am deutlichsten hervor, wenn man die Berichte aus den Thälern der Etsch, Nons, Eisack und des Isonzo mit denen aus den gleichweit vom Centrum abliegenden Thälern der Rienz, oberen Drau und Gail vergleicht. Unter allen in Nord und Nordost gelegenen Orten ist es nur Weissbriach, von woher eine Beschädigung an Gebäuden gemeldet wird (Stosspunkt am 15. Jänner 1857). Im W. dagegen sind Beschädigungen an Gebäuden, wenn auch unerheblicher Art, an zahlreichen Punkten vorgekommen (Roveredo, Trient, Civezzano, Malé, Dres, Cavalese, Botzen, Neumarkt) und desgleichen werden solche aus Görz, Triest, Laibach berichtet und selbst zu Karlstadt war die Erschütterung eine ungemein starke. Während sich demnach die grösste Ausdehnung der Erschütterung gegen Norden — und entsprechend vielleicht auch gegen Süden — zieht (abgesehen von dem ganz isolirt liegenden Wien) war die Intensität am bedeutendsten gegen O. und W. oder vielmehr, wie ein Blick auf die Karte lehrt, gegen OSO. und WNW. Da nun aber die grösste Kraft senkrecht auf die Richtung einer als Ausgangspunkt des Erdbebens angenommenen Spalte wirken muss, so ergibt sich aus Vorstehendem, dass die Richtung dieser Spalte in unserem Falle eine nordnordöstliche sein wird. Über einen Punkt dieser Spalte herrscht bereits kein Zweifel, es ist dies der Focus am See von Santa

Croce. Legt man aber durch diesen eine Linie in der angegebenen Richtung, so halbirt dieselbe das Alpagothol, berührt fast die am stärksten verwüsteten Orte Codenzan, Puòs, Farra und Fadalto, läuft genau in der Thalspalte Santa Croce-Seravalle, trifft in ihrer Fortsetzung auf San Pietro di Feletto und noch ein wenig weiter gegen SSW. ebenso genau auf das Schloss Collalto bei Barbisano am Soligo, den Centralpunkt zahlreicher Erdstösse im Jahre 1858. Genau dieselbe nordnordöstliche Richtung aber hat auch der Oberlauf des Piave von Capodiponte bis über Pieve di Cadore hinaus. Es ist kaum eine andere Linie denkbar, die mit so vieler Wahrscheinlichkeit als die Axe des Erdbebens vom 29. Juni 1873 angesehen werden könnte, als die eben angedeutete. Eine andere Frage ist allerdings die, ob die Erschütterung von einem oder von mehreren Punkten dieser Axe aus gewirkt habe. Es ist oben versucht worden, durch eine Reihe von Beobachtungen der Risse an beschädigten Gebäuden die Richtung der Stösse zu bestimmen, nach dem Grundsatze, dass parallel zur Stossrichtung gelegene Mauern senkrecht auf diese Richtung stehende Spalten zeigen, während Einstürze in der Regel da zu finden sein werden, wo die Lage der Mauern eine die Stossrichtung unter einem rechten Winkel schneidende war. Dass diese Beobachtungsweise ihre grossen Übelstände hat, namentlich da, wo die Anzahl der zu Gebote stehenden Objecte eine geringe und ihre Orientirung eine sehr verschiedene ist, ist ebenfalls bereits hervorgehoben worden. Nichtsdestoweniger scheinen mir an manchen Orten die Resultate genügend bestimmt zu sein, um eine Folgerung auf die Stossrichtung wirklich zuzulassen. Dies gilt vor allem für Belluno, Pieve d'Alpago, Torres, Farra, Cima Nove, Sarmede und Fregona. Für alle diese Orte kann man im Mittel die Stossrichtung NW—SO. resp. umgekehrt annehmen; eine Ausnahme macht nur Belluno, wo sowie in Visome die Stossrichtung NO—SW. constatirt wurde. Ich kann hier eine Bemerkung nicht unterdrücken. Es ist mir nämlich unverständlich geblieben, inwieferne Herr Falb, der doch (Sirius Bd. VI., Heft 11) genau dieselbe Vertheilung der Zerstörungen in Belluno constatirte, wie dies meinerseits geschehen ist, eben daraus die Stossrichtung von SO. oder O. ableiten konnte. — Auch die Beobachtungen, die in Belluno zur Zeit der Erdbeben-

stösse selbst gemacht wurden, stimmen fast alle darin überein, dass die Bewegung aus NO. gekommen sei, nur wenige Angaben finden sich über eine O. und eine NNW. Richtung, deren Möglichkeit sowie überhaupt die Möglichkeit verschiedener sich durchkreuzender Stösse auch gar nicht in Abrede gestellt werden soll. Im Alpagogebiete wurde mir an allen Orten sehr übereinstimmend als Ausgangspunkt der Stösse die Gegend am See angegeben. In der Chronik des Erdbebens von A. Guernieri, pag. 26, findet man einen Bericht eines anscheinend genauen Beobachters, welcher dahin lautet, dass die Stösse von dem Berge über Santa Croce ausgehen, sich über das Alpagogebiet verbreiten und gegen die Felsen oberhalb Chiès gebrochen worden. Ein anderer Bericht in der „Provincia di Belluno" vom 5. August behauptet mit grosser Bestimmtheit, das Centrum müsse etwas südöstlich von Farra unweit des Mte. Palatina liegen. Das wäre demnach alles ziemlich genau mit der zu Pieve, Torres, Ferra, Cima, Nove und Sarmede constatirten Stossrichtung zu vereinbaren. So ist denn wohl allerdings als Hauptstosspunkt die Gegend im Osten vom Lago di Santa Croce, im Südosten von Farra kaum in Zweifel zu ziehen und diesem Focus würden sich auch die im Gebiete von Ceneda gemachten Beobachtungen unterordnen lassen, wenn man nicht vielleicht für San Pietro di Feletto die Annahme vorzieht, hier unmittelbar auf der Spalte selbst hätte sich die Kraft in selbständiger Weise geäussert. Aber es bleibt noch Belluno mit seinem Nordost-Stosse, und da erscheint es mir, falls man nicht eine ganz sonderbare Brechung der Stossrichtung voraussetzen will, wohl am einfachsten, ein zweites Centrum der Erschütterung anzunehmen, welches etwa da liegen würde, wo die Thalspalte des oberen Piave beginnt, also zwischen den Bergen Serva und Dolada. Es ist bereits oben bemerkt worden, dass der Oberlauf der Piave einer tiefen, steilwandigen, fast schnurgeraden Schlucht folgt, welche genau parallel zu der angenommenen Erdbebenspalte Collalto-Santa Croce verläuft. Die Auffassung derselben als Fortsetzung dieser (in etwas überspringender Richtung) scheint mir daher nicht im geringsten gewagt zu sein, um so mehr, als ein Umstand von ziemlich grossem Gewichte diese Auffassung noch unterstützt. Der Erdstoss vom 18. December

einige Minuten vor 8 Uhr M. wurde nämlich in Belluno sehr schwach, in Perarolo dagegen in viel bedeutenderer Kraft wahrgenommen. Gegen jene Annahme lässt sich allerdings besonders die Thatsache, dass um den fraglichen Stosspunkt die Zerstörung keineswegs eine bedeutende war, einwenden; indessen will dies deshalb nicht viel sagen, da von Fällen, wo neben ganz zerstörten Ortschaften gänzlich unbeschädigte liegen, je eine genügende Menge angeführt wurden und die Vertheilung der Verheerungen überhaupt eine so anscheinend regellose und in manchen Fällen wirklich kaum zu erklärende ist. Es ist hier wohl der Ort, zugleich auf die Beziehungen zwischen Bodenbeschaffenheit und Wirkung der Erschütterung hinzuweisen, da im Ganzen und Grossen eine Abhängigkeit des Grades der Zerstörung von der Unterlage denn doch nicht zu verkennen ist und sich in der Art geltend macht, dass die auf der festesten Grundlage erbauten Ortschaften auch im Allgemeinen am wenigsten gelitten haben. Dasselbe Verhältniss ist unter anderm auch bei dem grossen Erdbeben von Lissabon constatirt worden, indem damals die auf Hippuritenkalk erbauten Stadttheile ganz unversehrt blieben, während die auf tertiärem Thon und Sand stehenden total zerstört wurden. Ähnliches ist nun auch hier eingetreten. San Floriano, Serravalle und die sämmtlichen Ortschaften auf dem Bergrücken, der Belluno von dem Alpagothale trennt, sind gänzlich unberührt geblieben, die Orte auf dem Tertiärplateau des Alpagothales, also Sitrau, Tigres, Villa, Garna, Chiès u. s. f. haben verhältnissmässig wenig gelitten, alle Ortschaften aber, die entweder an den Schuttmassen der Berggehänge oder auf dem flachen sandigen Seeufer situirt sind, Socchèr, Arsiè, Pieve, Plois, Puòs, Farra sind grösstentheils oder ganz zerstört worden. Der Diluvialschotter, auf dem Belluno steht, ist möglicherweise denn doch nicht fest genug, als dass er einer Beschädigung der Stadt mit Erfolg entgegenzuwirken vermocht hätte. Was aber schliesslich die Sobborghi von Belluno und Bastia anbelangt, so dürfte ein Grund, warum diese Localitäten gar so wenig gelitten haben, wohl schwer anzugeben sein.

Nach den oben mitgetheilten Beobachtungen und den auf dieselben basirten Annahmen würde somit als Sitz des Erdbebens vom 29. Juni 1873 eine Spalte zu gelten haben, die von NNO—

SSW. verläuft; oder, um genauer zu sein, müsste man zwei Spalten annehmen, die einander sehr nahe liegen, parallel sind und von denen die eine gewissermassen nur als Fortsetzung der anderen zu betrachten wäre. Die Kraft der Erschütterung würde dann an dem nördlichen Ende der östlichen und an dem südlichen Ende der westlichen gleichzeitig gewirkt haben, das Erdbeben von Collalto aber hätte sodann das südliche Ende der ersteren zum Ausgangspuncte, während der am 19. December zu Perarolo empfundene Stoss auf die nördliche Fortsetzung der letzteren hinweisen würde. Leider ist es nicht möglich, aus den Zusammenstellungen der Erdstösse im Gebiete von Belluno-Alpago — ihrer Unvollständigkeit wegen — sichere Schlüsse zu ziehen, sonst würde sich vielleicht herausstellen, dass man einzelne Erschütterungen wohl in dem einen, aber nicht in dem anderen Gebiete empfunden habe. Für einen Stoss ist dies indessen festzustellen möglich gewesen, für den vom 31. Juli um 5 Uhr 32 Min. A. nämlich, der zu Belluno nicht wahrgenommen worden ist. Auch die Stösse vom Morgen des 1. August, die zu Farra und Chiès als sehr stark angegeben werden, können in Belluno nur sehr unbedeutend gewesen sein, da ich trotz meiner Anwesenheit daselbst nicht das geringste davon wahrgenommen habe. Von Ceneda, das mindestens ebenso weit von Farra entfernt ist wie Belluno, werden dieselben Stösse als sehr stark berichtet. So vereinzelt auch diese Fälle sind, so sprechen sie doch gewiss sehr entschieden für die Annahme getrennter Stosscentra.

Es lässt sich wohl nicht in Abrede stellen, dass das bisher über den Sitz des Erdbebens Vorgebrachte zu einem nicht geringen Theile nichts anderes ist, als Annahme und Muthmassung, indess darf dabei nicht übersehen werden, dass dieselbe nicht einer jeglichen Basis entbehrt, obwohl ich mir andererseits auch nicht verhehle, dass sich ebenso für die eine oder die andere mit der angenommenen nicht übereinstimmende Richtung der Erdbebenspalte gewisse Gründe vorbringen liessen. Nach Abwägung aller dafür und dagegen sprechenden Umstände verblieb jedoch noch immer ein bedeutendes Uebergewicht zu Gunsten der angenommenen Richtung, welches hauptsächlich auf die Beobachtung der Stosswirkungen an Gebäuden begründet ist, so dass, wenn man nicht diesen Beobachtungen einen

jeden Werth für die Sicherstellung der Stossrichtung absprechen will, man kaum umhin kann, diese Spalte als den thatsächlichen Sitz des Erdbebens anzusehen. Dass diese Spalte aber nicht nur eine hypothetische ist, sondern dass sie auch wirklich existirt, darüber kann man die in diesem Falle grösstmögliche Wahrscheinlichkeit durch eine kleine Umschau gegen Westen erhalten. Denn da zeigt sich, dass das Seethal von Fadalto gar nichts Anderes ist, als das östlichste Glied jener Reihe von gewaltigen Querschluchten, die den Südabhang der Alpen durchsetzen und vom Lago Maggiore, Lago di Lugano, Lago di Como, Lago d'Iseo, Lago d'Idro, Lago di Garda und vom Lago di Santa Croce (nebst dessen südlichen kleineren Nachbarn) erfüllt werden. Es kann gar keinen auffallenderen Parallelismus geben, als ihn diese Seethäler darbieten. Aber auch Erdbeben gehören in dem einen wie in dem anderen zu den durchaus nicht ungewöhnlichen Erscheinungen. Ich erinnere hier nur an die sehr bedeutenden und überaus zahlreichen Erschütterungen in den Jahren 1866 und 1868 am Gardasee, an die nördlich vom Lago d'Idro zu Tione in den Fünfziger-Jahren mehrfach beobachteten Erdbeben und an die von verderblichen Wirkungen begleiteten Erdstösse vom Jahre 1867 am Lago Maggiore. In Beziehung auf den Gardasee könnte man die Analogie sogar noch weiter treiben und Castiglione, im Süden davon gelegen (Erdbeben vom 13. Aug. 1771) mit Collalto vergleichen, wenn sich nachweisen liesse, dass das erwähnte Erdbeben wirklich hier seinen Sitz gehabt habe. — Eine andere Erdbebenlinie scheint den äussersten Rand der Alpen gegen die venetianische Ebene zu begleiten, wenigstens sprechen dafür die wiederholten Erdbeben im Districte von Asolo und um Bassano, speciell jenes vom 20. Juli 1836 in der Linie Borso-Passagno, ferner die Stösse von Valdobbiadene und Guja und endlich die Erschütterung, die man am 20. Juli 1873 zu Maniago und Cavasso Nuovo (Prov. Udine) wahrgenommen hat (zur selben Zeit wurde übrigens auch ein schwacher Stoss in Belluno verspürt). Alle die genannten Orte liegen in einer geraden Linie genau am Fusse des Gebirges. Wohin sich diese Linie fortsetzt, kann mit Sicherheit nicht behauptet werden; ihre nordöstliche Verlängerung würde sehr genau auf Tarvis (wiederholte Erdstösse) und Villach treffen. Es bleibt aber hier

ein viel zu grosser Zwischenraum, als dass man auf dieses Zusammentreffen vorläufig allzuviel Gewicht legen könnte. Allerdings liegt nicht weit ausserhalb dieser Linie auf der fraglichen Strecke Tolmezzo mit seinem zerstörenden Erdbeben vom 20. October 1788. Gegen Südwesten über Bassano hinaus treten endlich auf dieser Linie die äussersten Ausläufer der Vicentinischen Basalte auf. Schon Berti (Sulli ultimi tremuoti di Venezia 1857) machte auf die Möglichkeit der Existenz einer ähnlichen Linie aufmerksam und verlängerte dieselbe im Bogen parallel zum Hauptstreichen der benachbarten Alpen einerseits bis gegen Radmannsdorf, andererseits bis gegen Parma. Derselbe Autor hebt ferner die eigenthümliche Ausbreitung der Erschütterung vom 31. Jänner 1857 hervor, die ihren Sitz in der Nähe von Parma hatte und weit gegen O. und NO. wahrgenommen, dagegen sehr beschränkt in W. und gar nicht in SW. verspürt wurde. Erdbeben von ähnlicher Verbreitung scheinen in der That auch früher schon mehrmals vorgekommen zu sein, besonders in den Jahren 1831 und 32, während im Gegensatze dazu in den nächstfolgenden Jahren zahlreiche Erschütterungen auf einer durch dicht gedrängte Stosspunkte ausgezeichneten, von Parma gegen SW. verlaufenden Linie sich einstellten. Doch gehört dies strenggenommen nicht hieher und ist auch nur deshalb berührt worden, weil thatsächlich zu wiederholten Malen Erderschütterungen zugleich in Parma und einem Theile des venetianischen Gebietes beobachtet worden sind.

Zum Schlusse will ich einige Worte über die mögliche Ursache dieses Erdbebens hinzuzufügen. Herr Falb hat dasselbe seither für seine Theorie der Fluthbewegungen eines feurigflüssigen Erdkerns in Anspruch genommen (Sirius 1873, Heft 11). Auch die Einsturzhypothese hat bereits ihren anonymen Vertreter gefunden, welcher sogar meint, durch Tiefbohrungen den Sitz der Erschütterung ermitteln zu können. Indessen liessen sich wohl mehrere Umstände, theils diesem, theils anderen Erdbeben entnommen, anführen, welche theilweise mit der ersteren, theilweise mit der letzteren Erklärungsweise nicht recht zu stimmen scheinen. Auf die geringe Tiefe des Herdes, die bei den bis jetzt berechneten Erdbeben gefunden worden ist und welche sich nach dem Grössenverhältnisse des Zerstörungs- zum Schütter-

gebiete sowie aus der vorherrschenden Richtung der Mauerspalten auch für unsere Erdbeben annehmen liesse, soll dabei kein besonderes Gewicht gelegt werden. Viel wichtiger scheint mir das plötzliche Wiederaufleben der Kraft an vom Centrum oft weit entfernten Punkten, sowie der Umstand, dass an zwei oder mehreren Orten einer Erdbebenspalte zuweilen Erschütterungen auftreten pflegen, während die dazwischen liegenden ruhig bleiben. Sodann wäre hier anzureihen das merkwürdige Abhängigkeitsverhältniss, in dem einzelne habituelle Stossgebiete zu einander stehen. Vor allem wichtig aber scheinen mir endlich jene Fälle zu sein, in welchen ein offenbares Verschieben oder Wandern und dann zuweilen ein plötzliches Zurückspringen des Stosscentrums von 1783 stattfindet, wie dies bei dem grossen calabrischen Erdbeben in so ausgezeichneter Weise vorgekommen ist. Diese Umstände aber scheinen mir für die erwähnten beiden Hypothesen in demselben Masse Schwierigkeiten zu bieten, als sie mit einer dritten Erklärungsweise in Einklang stehen, welche zudem noch den grossen Vorzug für sich hat, dass sie bei weitem einfacher ist und weniger Voraussetzungen machte, denn sie bedarf weder der Annahme eines feurigflüssigen Erdkernes mit Ebbe und Fluth, noch jener ausgedehnter unterirdischer Hohlräume, sondern höchstens der von fortdauernden Bewegungen in der festen Erdoberfläche, einer Annahme also, die eigentlich gar keine ist, da an der Thatsächlichkeit solcher Bewegungen gar nicht im Mindesten gezweifelt werden kann. Der gewaltige gegenseitige Druck und die Spannung der sich verschiebenden Gebirgsmassen, das Entstehen neuer und die Erweiterung schon bestehender Klüfte und Spalten bilden hinreichende Ursachen, die sowohl einzeln als zusammenwirkend die meisten unserer Erdbeben zu erzeugen im Stande sein mögen. Auch die Fluthhypothese bedarf ja, wie es scheint, der Spalten. Wenn man aber solcher bedarf, um mittelst anderer entlegenerer Kräfte und Massen Erdbeben zu erklären, welche Kraft erzeugt dann diese Spalten und geht ihre Bildung wirklich so ganz unmerklich vor sich? Dies wird man gewiss nicht behaupten wollen. Es wäre offenbar zu weit gegangen, wollte man ein jedes Erdbeben hierauf zurückführen, aber wenn irgend wo die Verhältnisse, wie sie G. Poulett Scrope in so überzeugender Weise als die bedin-

Taf I.

Fig. I

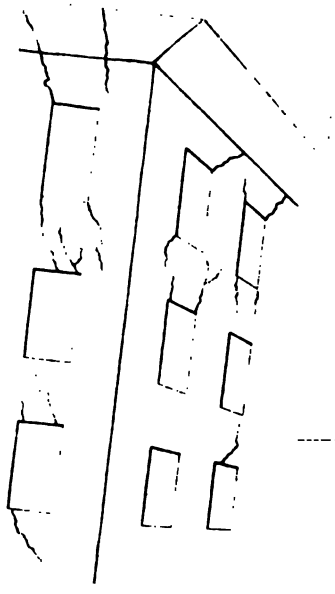
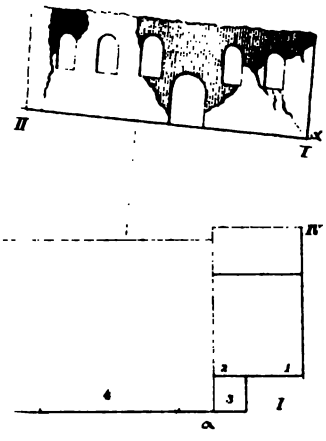
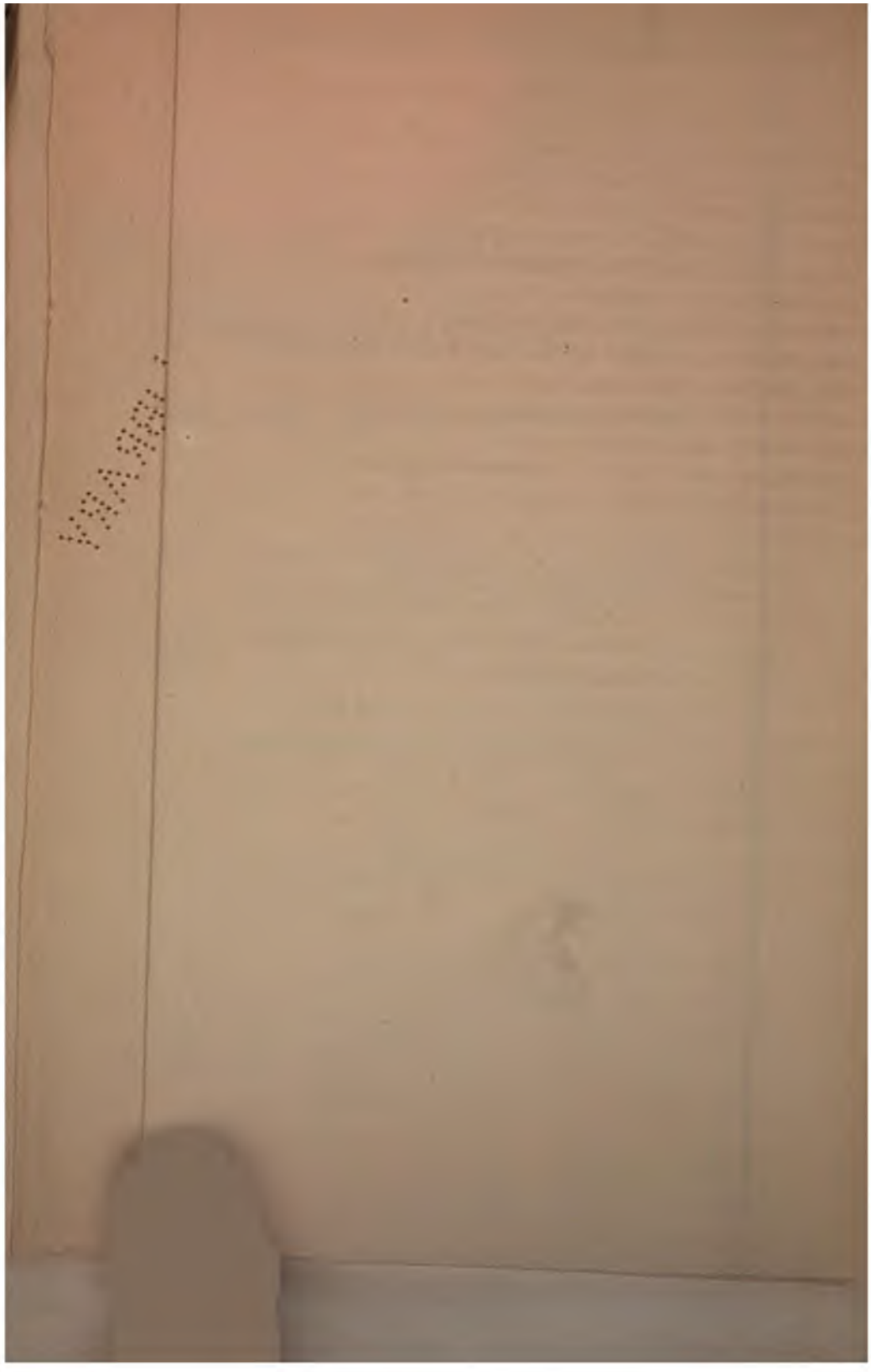


Fig. X.





genden Ursachen der Erdbeben und Vulkanausbrüche schildert, thatsächlich zusammengewirkt haben mögen, so ist dies an den concaven Seiten der grossen mitteleuropäischen Gebirge der Alpen, der Karpathen und des Apennin der Fall gewesen. Die weitgehendsten Störungen, die furchtbarsten Erdbeben und die gewaltigsten Vulkanausbrüche haben hier in enger Vereinigung stattgefunden und finden noch statt und darum erscheint es mir denn zum mindesten überflüssig, auf fernerliegende Hypothesen zurückzugreifen, um eine einzelne dieser Erscheinungen zu erklären, die sich viel besser im Zusammenhange mit anderen nicht anzufechtenden Erscheinungen als das begreift, was sie wohl ist, als eine in ihrem Auftreten zwar furchtbare, aber doch nur secundäre Wirkung untergeordneter Art der gebirgbildenden Kräfte selbst.

XI. SITZUNG VOM 23. APRIL 1874.

Die deutsche Gesellschaft für Natur- und Völkerkunde Ost-Asiens zu Yedo dankt, mit Schreiben vom 23. Februar l. J., für den mit ihr eingegangenen Schriftentausch.

Der n. ö. Gewerbe-Verein in Wien dankt, mit Zuschrift vom 16. April für den ihr übermittelten Jahrgang 1873 der Sitzungsberichte.

Der Secretär legt folgende eingesendete Abhandlungen vor:

„Zur Lehre vom Lichtsinne. V. Mittheilung: Grundzüge einer Theorie des Lichtes", vom Herrn Prof. Dr. Ew. Hering in Prag.

„Die Florenelemente in der Kreideflora", vom Herrn Prof. Dr. Const. Freih. v. Ettingshausen in Graz.

„Die Eisverhältnisse der Donau im Lande Österreich ob und unter der Enns in den Jahren 1868/9 bis 1872/3", vom Herrn Vice-Director K. Fritsch in Salzburg.

„Topographie und Mechanik des Mittelohres", vom Herrn Regierungsrathe Dr. E. Mach in Prag.

Herr Regierungsrath Dr. K. v. Littrow berichtet über die Entdeckung eines neuen teleskopischen Kometen durch Herrn Coggia in Marseille am 17. April l. J.

Herr Hofrath Dr. E. R. v. Brücke überreicht eine Abhandlung des Herrn Dr. Leop. Weiss aus Giessen, betitelt: „Beiträge zur quantitativen Bestimmung des Zuckers auf optischem Wege."

Herr Prof. Dr. Friedr. Simony legt eine Abhandlung: „Über Temperatur- und Tiefenverhältnisse des Königssees" vor.

Herr Dr. Emil v. Marenzeller übergibt eine Abhandlung: „Zur Kenntniss der adriatischen Anneliden".

Herr Prof. Dr. L. Boltzmann überreicht eine Abhandlung, betitelt: „Experimentelle Bestimmung der Dielektricitätsconstante einiger Gase.“

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Accademia Pontificia de' nuovi Lincei: Atti. Anno XXVII, Sess. 2ª. Roma, 1874; 4°.

Akademie der Wissenschaften, Königl. Preuss., zu Berlin: Monatsbericht. Februar 1874. Berlin; 8°.

— — und Künste, Südslavische: Rad. Knjiga XXVI. U Zagrebu, 1874; 8°. — Starine. Knjiga V. U Zagrebu, 1873; 8°.

Anales del Museo público de Buenos Aires. Entrega 10ª. Buenos Aires, Paris, Halle a. S., 1872; 4°.

— del Observatorio de Marina, de San Fernando. Seccion 2ª. Observaciones meteorológicas. Año 1872. San Fernando, 1873; 4°.

Anstalt, kgl. ungar. geologische: Évkönyve. II köt., 3. füz. Pest, 1873; 4°. — Mittheilungen. I. Band, 3. Lieferung; II. Band, 2. & 3. Lieferung. Pest, 1873; 4°. — Die Collectiv-Ausstellung ungarischer Kohlen auf der Wiener Weltausstellung 1873. Pest, 1873; 8°. — Katalog der auf der Wiener Weltausstellung im Jahre 1873 ausgestellten Nummuliten. Pest, 1873; 4°. – Die Ausstellungs-Objecte der kgl. ungar. geolog. Anstalt auf der Wiener Weltausstellung 1873. Budapest, 1873; 4°.

Astronomische Nachrichten. Nr. 1980—1983. (Bd. 83. 12—15.) Kiel, 1874; 4°.

Bern, Universität: Akademische Gelegenheitsschriften aus d. J. 1873. 4° & 8°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Tome LXXVIII, Nr. 14. Paris, 1874; 4°.

Gesellschaft der Wissenschaften, königl. böhmische: Sitzungsberichte. 1874. Nr. 1. Prag; 8°.

— — Kgl. Sächs., zu Leipzig: Abhandlungen der philolog.-histor. Classe. VI. Band, Nr. 5; VII. Band, Nr. 1. Leipzig, 1873; 4°. Abhandlungen der mathem.-phys. Classe. X. Band, Nr. 6. Leipzig, 1873; 4°. — Berichte der philolog.-histor. Classe. XXIV. Band. 1872. Leipzig, 1873; 8°. Berichte der

mathem.-phys. Classe. 1872, Heft 3 & 4; 1873, Heft 1 & 2. Leipzig, 1873; 8°. — Elemente des ersten Kometen vom Jahre 1830. Von L. R. Schulze. Leipzig, 1873; 8°.

Gesellschaft, physikal.-medicin., zu Würzburg: Verhandlungen. N. F. VI. Band, 1.—4. Heft. Würzburg, 1874; 8°.

— Deutsche, geologische: Zeitschrift. XXV. Band, 3. Heft. Berlin, 1873; 8°.

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Wochenschrift. XXXV. Jahrgang, Nr. 16. Wien, 1874; 4°.

Jahrbuch über die Fortschritte der Mathematik. III. Band. Jahrgang 1871. Heft 3. Berlin, 1874; 8°.

Jahresbericht über die Fortschritte der Chemie etc. Von Alex. Naumann. Für 1871. 3. Heft. Giessen, 1874; 8°.

Landbote, Der steirische. 7. Jahrgang, Nr. 8. Graz, 1874; 4°.

Landwirthschafts-Gesellschaft, k. k., in Wien: Verhandlungen und Mittheilungen. Jahrg. 1874. Nr. 6. Wien; 4°.

Lotos. XXIV. Jahrgang. Februar, März & April 1874. Prag; 8°.

Marburg, Universität: Akademische Gelegenheitsschriften seit November 1872. 4° & 8°.

Mittheilungen aus J. Perthes' geographischer Anstalt. 20. Band, 1874. Heft IV. Gotha; 4°.

Nature. Nr. 233. Vol. IX. London, 1874; 4°.

Plateau, J., Statique expérimentale et théorique des liquides soumis aux seules forces moléculaires. II Volumes. Paris, Londres & Gand, 1873; 8°.

Repertorium für Experimental-Physik etc. Von Ph. Carl. X. Band, 1. Heft. München, 1874; 8°.

Revista de Portugal e Brazil. Nr. 11 & 12. Lisboa, 1874; 4°.

„Revue politique et littéraire" et „Revue scientifique de la France et de l'étranger". IIIe Année, 2e Série, Nr. 42. Paris, 1874; 4°.

Società Italiana di Antropologia e di Etnologia: Archivio. IV° Vol., fasc. I°. Firenze, 1874; 8°.

— degli Spettroscopisti Italiani: Memorie. Anno 1874, Disp. 2ª. Palermo, 1874; 4°.

Société Philomathique de Paris: Bulletin. Tome X^e. Janvier—Juin 1873. Paris, 1873; 8°.

Société Malacologique de Belgique: Annales. Tomes VI & VII. Années 1871 & 1872. Bruxelles; gr. 8°. — Procès-verbaux des séances. Tome II. Année 1873. Bruxelles; 8°.

— Impériale de Médecine de Constantinople: Gazette médicale d'Orient. XVIIe Année, Nrs. 10—11. Constantinople, 1874; 4°.

Society, The Royal Geographical, of London: Proceedings. Vol. XVIII, Nr. 2. London, 1874; 8°.

Verein der Freunde der Naturgeschichte in Mecklenburg: Archiv. 27. Jahr. (1873.) Neubrandenburg, 1873; 8°.

Wiener Medizin. Wochenschrift. XXIV. Jahrgang. Nr. 16. Wien, 1874; 4°.

van der Willigen, V. S. M., Mémoires de Physique, présentés à MM. les Directeurs de la Fondation (Teyler). V. Harlem, 1874; 4°.

Bericht

der

zur Begutachtung der Abhandlung des Herrn Hofrathes G. Wex über die Wasserabnahme in den Quellen und Strömen eingesetzten Commission.

Die von der kaiserlichen Akademie über Ersuchen des Herrn Hofrathes Wex eingesetzte Commission, zu welcher der Herr Antragsteller beigezogen wurde, war aus den wirklichen Mitgliedern Fenzl, Jelinek, v. Schrötter, Stefan und Suess zusammengesetzt und hat in drei Sitzungen, vom 13. October, 18. December 1873 und 8. Jänner 1874 die in der genannten Abhandlung enthaltenen allgemeinen Sätze und darauf basirten Anträge einer eingehenden Discussion unterzogen.

Zur Begründung der Schlussfolgerungen, zu denen die Commission gelangte, erscheint es zweckmässig, eine allgemeine Übersicht der in der Abhandlung des Herrn Wex enthaltenen Beobachtungen und Sätze vorauszuschicken.

Der Verfasser geht zunächst von den im II. Theile der allgemeinen Länder- und Völkerkunde von Berghaus mitgetheilten Daten über die Wasserstände des Rheins zu Emmerich, der Elbe bei Magdeburg und der Oder bei Küstrin aus, wornach die mittleren und kleinsten Wasserstände im Laufe der Zeit eine nicht unbedeutende Senkung erfahren haben, während die Hochwässer im Gegentheile die Erscheinung eines öfteren und höheren Anschwellens darbieten.

Dr. Berghaus gewann durch die Prüfung der Wasserstandstabellen der Elbe und Oder die Überzeugung, dass in den beiden genannten Strömen die abfliessenden Wasserquantitäten sich bedeutend vermindert haben, und sprach die Besorgniss aus, dass diesen deutschen Strömen die Gefahr drohe, aus der Reihe

der schiffbaren Ströme zu verschwinden, wenn die Verminderung der Wasserstände in demselben Verhältnisse fortschreiten sollte, wie solche seit 1781 constatirt worden ist.

Herr Hofrath Wex gelangt nun durch seine langjährigen hydrotechnischen Beobachtungen und Studien zu dem gleichen Ergebnisse mit Berghaus und vertheidigt die Behauptung einer fortschreitenden Verminderung der in den genannten Strömen (sowie im Rhein, in der Weichsel und der Donau) abfliessenden Wasserquantitäten gegen die von mehreren Seiten erhobenen Einwendungen.

In der letzteren Richtung hat

1. der k. preussische geheime Oberbaurath und Ober-Landesbaudirector F. Hagen zwar durch die Messungen am Rheinstrome bei Düsseldorf bei den höchsten und mittleren Wasserständen geringe Senkungen (durchschnittlich 2·9 und 1·6 Linie per Jahr) gefunden, derselbe erklärt dieselben jedoch durch die in neuester Zeit ausgeführten Strom-Correctionen, durch welche die Eisversetzung verhindert und der Abfluss der Hochwässer befördert wird;

2. hat der k. preussische Wasserbau-Inspector Maass nach 143jährigen Wasserstandsbeobachtungen in der Elbe am Pegel bei Magdeburg zwar ein beträchtliches Sinken der höchsten, mittleren und tiefsten Wasserstände (um 17, 35½ und 34 Zoll) gefunden, derselbe erklärt jedoch diese Senkungen als eine Folge der durch die ausgeführten Strom-Regulirungen bewirkten Vertiefung des Strombettes und der Steigerung der Abflussgeschwindigkeiten;

3. wurde die Vermuthung ausgesprochen, dass bei den in neuerer Zeit häufiger und intensiver auftretenden Hochwässern so bedeutende Wassermassen fortbewegt werden mögen, dass durch dieselben der Abgang bei mittleren und tiefen Wasserständen ausgeglichen wird.

Der Herr Verfasser weist nun

1. aus den von dem gewesenen k. baierischen Bau-Inspector Grebenau zu Germersheim am Pegel zu Sonderheim durch 28 Jahre angestellten Messungen, welche nicht blos über die Wasserstände des Rheins an dem genannten Pegel, sondern auch über die durchfliessenden Wasserquantitäten Aufschluss

geben, nach, dass mit dem Sinken der mittleren Wasserstände auch eine Verminderung der durchfliessenden Wassermengen verbunden war;

2. nach den Beobachtungen der Elbe-Stromschau-Commissionen ergibt sich zwar eine Vertiefung des Strombettes im oberen, dagegen eine Erhöhung desselben durch Versandung im mittleren und unteren Stromlaufe, so dass das Sinken der Wasserstände am Pegel bei Magdeburg nicht einer Vertiefung des Strombettes zugeschrieben werden kann;

3. dass die Hochwässer keine Compensation für die bei mittleren und tiefen Wasserständen eintretende Verminderung der durchfliessenden Wasserquantitäten abzugeben vermögen, beweist der Herr Verfasser erstlich durch die vorhin erwähnten Messungen am Pegel zu Sonderheim, nach welchen die Änderungen der Quantität des durchfliessenden Wassers jener der Höhe der Wasserstände nahezu proportional gefunden wurden, und ausserdem durch 32jährige Messungen am Donau-Pegel zu Alt-Orsova, nach welchen sich eine Erniedrigung nicht allein der mittleren und tiefsten, sondern auch der höchsten Wasserstände ergibt, welche von der bei anderen Strömen beobachteten abweichende Erscheinung der Herr Verfasser wohl mit Recht aus dem Umstande ableitet, dass die Hochwässer in den einzelnen grossen Nebenflüssen der Donau zu verschiedenen Zeiten auftreten.

Im Hinblicke auf die eben erwähnten, von dem Herrn Verfasser angeführten Thatsachen ist die Commission zu dem Schlusse gelangt, dass die Abnahme, welche die mittleren und tiefen Wasserstände der betrachteten Flüsse im Laufe des letzten Jahrhundertes aufweisen, einer Verminderung der fortbewegten jährlichen Wassermengen zuzuschreiben ist.

Der Herr Verfasser findet nun, dass die Abnahme der Wassermenge der Flüsse auf eine Abnahme der Ergiebigkeit der Quellen hinweist, für welche er übrigens noch andere Belege, entnommen aus der Abnahme des Wassers der Bäche, Wasserleitungen und Brunnen, beibringt.

Die Commission war auch in dieser Richtung mit dem Herrn Verfasser einverstanden, indem sie den Schluss aus der Abnahme

der niedrigen Wasserstände der Flüsse auf die Abnahme der aus den Quellen und Sinkwässern fliessenden Wassermenge im Gesammtgebiete eines Stromes als einen begründeten betrachtet.

Die Ursache der Abnahme des Quellenreichthums kann nun liegen:

1. in einer durch die Culturverhältnisse, namentlich durch die Ausrodung der Wälder herbeigeführten Verminderung der jährlich fallenden Niederschlagsmenge;

2. in der durch die erwähnten Veränderungen gesteigerten Verdunstung von der Oberfläche des Erdbodens;

3. in solchen Veränderungen der Oberfläche des Erdbodens, dass die auffallenden Niederschläge, anstatt grösstentheils zurückgehalten zu werden und einzusickern, rasch abfliessen und kurz dauernde Perioden von Hochwasserständen herbeiführen, auf welche wieder lange währende Perioden der Dürre folgen.

Die Frage nach dem Einflusse der Wälder auf die Menge des Niederschlages hat bereits viele Naturforscher beschäftigt.

Vielfach ist ein solcher Einfluss behauptet worden, theils auf Grundlage theoretischer Betrachtungen, theils im Hinblick auf die gänzlich veränderten klimatischen Verhältnisse solcher Länder, in denen die Wälder in einem grossen Umfange abgetrieben worden sind.

In ersterer Richtung wird behauptet, dass die Wälder für die heranziehenden Regenwolken ein Hinderniss abgeben, welches einem, sich dem Wolkenzuge entgegenstellenden Gebirgsrücken ähnlich, eine Condensation der Wasserdünste bewirken soll, ferner, dass die im Walde stattfindende tiefere Temperatur und grössere relative Feuchtigkeit die Niederschläge befördern. In letzterer Beziehung hat namentlich Dr. Berger in Frankfurt auf den die Niederschläge befördernden Gegensatz in den Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnissen des Waldes und des freien Feldes aufmerksam gemacht.

Im allgemeinen ist es wohl wahrscheinlich, dass derartige Einflüsse bestehen mögen, indessen dürfte einerseits die Bedeutung dieser Einflüsse überschätzt worden sein, andererseits fehlen noch entscheidende directe Beweise hiefür, indem die zu diesem Zwecke an Stationen im Walde und ausserhalb desselben auf freiem Felde veranstalteten Regenmessungen noch verhältniss-

mässig zu kurze Zeit umfassen, theils unter Umständen angestellt wurden, die sie nicht strenge vergleichbar machen (verschiedene Höhenlage, Neigung des Bodens gegen verschiedene Weltgegenden u. s. f.).[1]

Bei der grossen praktischen Bedeutung der behaupteten Verminderung der Regenmenge für die volkswirthschaftlichen Interessen fand sich die meteorologische Gesellschaft zu Edinburgh im Jahre 1859 bestimmt, auf Antrag ihres Präsidenten, des Marquis von Tweeddale, eine Preisaufgabe über die Frage auszusetzen, ob sich die Regenmenge im westlichen Europa geändert habe. Der Verfasser der preisgekrönten Abhandlung, Herr T. F. Jamieson, fand in den ihm zugänglichen langjährigen Niederschlagsmessungen keinen Grund, eine fortschreitende Abnahme der Niederschlagsmenge zu erkennen, es zeigten sich blos locale Oscillationen, deren Ursache sich schwer angeben lässt.

Die erwähnte Abhandlung wurde die Veranlassung zur Anstellung ähnlicher Untersuchungen, sowie zur Errichtung einer grossen Zahl von Regenstationen in Grossbritannien und Irland durch die „British Association for the advancement of science", welche hiefür ein eigenes Comité bestellte.

Herr G. J. Symons in London übernahm die Inspection der Stationen und die Bearbeitung der eingesendeten Beobachtungsregister.

Die Beobachtungen mehrerer Stationen in England und Schottland, welche Herr Symons zur Untersuchung der Frage

---

[1] Möllendorf vergleicht in seinem Werke „Die Regenverhältnisse Deutschlands" S. 95 die Regenmengen für 1856—1858 von Nieder-Bielau mit jenen von Tiefenfurt (im Walde gelegen) und findet für die erstere 17·8, für die letztere 21·8 par. Zoll, jedoch betrachtet er selbst dieses Resultat nicht als entscheidend. Professor Hoffmann in Giessen fand die auf drei Regenmesser in drei verschiedenen Lagen zum Walde bezüglichen Regencurven das ganze Jahr hindurch einander parallel, was nicht für die behauptete Wirkung der Wälder spricht (Zeitschrift für Meteorologie, Band II, S. 231).

Aus vergleichenden Niederschlagsbeobachtungen im Departement Loiret, welche allerdings blos 12 Monate umfassen, fand Becquerel, dass die Menge des Niederschlages in der Nähe des Waldes grösser war, als entfernter von demselben, u. z. im Verhältnisse von 5 : 4. (Comptes Rendus T. LXIV, p. 16; Zeitschrift für Meteorologie II, S. 231.)

in Betreff einer secularen Änderung der Regenmenge verwenden konnte, reichen bis zum Jahre 1726 zurück.[1] Noch ältere Regenmessungen — bis zum Jahre 1688 zurückreichend — verdanken wir der Sternwarte zu Paris.[2]

Nach den Beobachtungen in England und Frankreich stellt sich keine Abnahme der jährlichen Niederschlagsmenge heraus, wohl aber zeigen sich, selbst wenn zehnjährige Durchschnitte gebildet werden, in dem Betrage des Regenfalles Schwankungen, deren Ursache sich bis jetzt nicht angeben lässt.

Es würde wohl übereilt sein, aus der Thatsache, dass eine Änderung in der bezeichneten Richtung in West-Europa nicht eingetreten ist, zu schliessen, dass auch im Innern des Continentes keine derartigen Änderungen stattgefunden haben; indessen sind auch die an continentalen Stationen angestellten

---

[1] Herr Symons gibt im Report of the British Association for 1866 pag. 287 bei Benützung des Registers von 17 Stationen für den Regenfall in England folgende Daten, welche als Verhältnisszahlen aufzufassen sind:

Periode.	Verh.-Zahl.		Periode.	Verh.-Zahl.	
1726—1735	94·6	86·7	1806—1815	94·6	99·3
1736—1745	78·7		1816—1825	103·9	
1746—1755	78·6	83·5	1826—1835	101·3	100·8
1756—1765	88·3		1836—1845	100·2	
1766—1775	103·6	98·4	1846—1855	100·6	98·5
1776—1785	93·2		1856—1865	96·3	
1786—1795	96·6	93·2			
1796—1805	89·7				

[2] In dem Annuaire météorologique de l'Observatoire physique central pour 1873, S. 254 führt Marié Davy folgende jährliche Regenmengen für Paris an:

Periode	Niederschlag	Periode	Niederschlag
	mm.		mm.
1688—1700	517	1791—1798	414
1701—1710	481	1804—1810	518
1711—1720	465	1811—1820	496
1721—1730	378	1821—1830	514
1731—1740	411	1831—1840	507
1741—1750	420	1841—1850	529
1773—1780	540	1851—1860	520
1781—1790	507	1861—1870	493

Regenmessungen, die allerdings nicht so weit zurückreichen, einer solchen Abnahme nicht günstig.[1]

Zu dem gleichen Ergebnisse gelangte Blodget bei Untersuchung der Regenmessungen in Nord-Amerika, obwohl dort die Waldausrodungen in einem solchen Umfange betrieben werden, dass eine Änderung der Niederschlagsverhältnisse wohl zu erwarten stände.

In Betreff der älteren Regenbeobachtungen muss bemerkt werden, dass ihre Genauigkeit vielfach dadurch beeinträchtigt wird, dass die Regenmessungen nicht täglich, sondern in längeren Intervallen vorgenommen wurden. Ausserdem waren die Regenmesser häufig in nicht entsprechender Weise (auf Dächern, Thürmen u. s. f.) angebracht. Beide Umstände wirken im selben Sinne, d. h. sie bewirken eine scheinbare Verminderung der Regenmenge.[2]

Wenn nun auch die nahe 200 Jahre zurückreichenden directen Regenmessungen als Beweis für eine fortschreitende Abnahme der Regenmenge nicht angeführt werden können, so wäre es dennoch nicht gerechtfertigt, auf die Thatsachen, die von dem Verfasser (meist nach Milne Home's Aufsatz im Journal der schottischen meteorologischen Gesellschaft (Vol. III, pag. 35) von Becquerel (Atlas météorologique de l'Observatoire de Paris pour 1867. Zeitsch. f. M. IV. Bd. S. 86) und von Anderen in grosser Zahl angeführt werden und die auf eine Verschlechterung des Klima's in Folge einer ausgedehnten Ausrodung der Wälder hinweisen, kein Gewicht zu legen.

Die Commission ist somit der Ansicht, dass ein Einfluss der Wälder auf die Niederschlagsmenge und insbesondere auf deren jährliche Vertheilung wahrscheinlich sei, wenn auch unsere directen Beobach-

---

[1] An der k. k. Central-Anstalt für Meteorologie sind die Regenmengen von beiläufig 120 Stationen in Europa und Nord-Amerika nach dieser Richtung untersucht worden.

[2] Ueber den Einfluss der Höhe auf die Angaben der Regenmesser, finden sich viele Angaben, so in Möllendorf's citirtem Werke S. 102 u. ff., woselbst nachgewiesen wird, dass an verschiedenen Stationen der untere Regenmesser um 13—60 Percent mehr Regen empfing, als der obere.

tungen noch nicht hinreichend erscheinen, die Grösse dieses Einflusses zu bestimmen.

Die Reichhaltigkeit der Quellen und der Wasserreichthum der Flüsse hängt übrigens nicht ausschliesslich von der absoluten Menge des jährlichen Niederschlages ab, denn einerseits wird ein sehr beträchtlicher Theil der Niederschläge durch die Verdunstung wieder der Atmosphäre zurückgegeben, andererseits bestimmt die Beschaffenheit des Erdbodens den Antheil der fallenden Niederschläge, der in denselben eindringt, unterirdische Wasseransammlungen bildet und die Quellen nährt.

Nach beiden bezeichneten Richtungen hin kann der Einfluss des Waldes nicht hoch genug angeschlagen werden.

Durch directe Beobachtungen in Frankreich und an den forstlich meteorologischen Stationen in Baiern ist es festgestellt, dass die Schwankungen der Lufttemperatur im Walde geringer sind, als über unbewaldetem Boden. Insbesondere bleibt in den Stunden und in der Jahreszeit, in der das Maximum der Wärme erreicht wird, der Betrag des letzteren im Walde bedeutend hinter jenem im freien Felde zurück.

Übereinstimmend hiemit ist die Temperatur des Waldbodens in der warmen Jahreszeit bedeutend tiefer, als jene des unbewaldeten Bodens.[1]

In ähnlicher Weise sind die Feuchtigkeits-Verhältnisse im Walde von jenen des freien Feldes verschieden und zwar ist im ersteren die Luftfeuchtigkeit in allen Jahreszeiten höher als ausserhalb des Waldes[2].

Hiernach darf es nicht überraschen, wenn die Verdunstung im Walde bei weitem geringer gefunden wird, als auf freiem

---

[1] Nach Ebermayer ist die Jahresschwankung der Wärme im Walde (5·0 C.) um 7 C. geringer, als im freien Felde. Das Jahresmaximum der Wärme wurde um 5·2 kleiner gefunden. In gleicher Weise blieb die tägliche Wärmeschwankung im Sommer um 5·9 C. gegen jene des freien Feldes zurück.

Die Temperatur des Waldbodens war im Sommer um 4·0 C. niedriger, als jene des unbewaldeten Bodens (Ebermayer, die physikalischen Einwirkungen des Waldes; Z. f. M. VIII. Bd., S. 209 u. 232).

[2] Nach Ebermayer beträgt der Unterschied in den vier Jahreszeiten, vom Frühling an gerechnet, 5·7, 9·3, 5·2 und 5·2 Procente.

Felde[1], um so mehr, als bei der Verdunstung neben der Temperatur die Stärke der Luftbewegung ein wesentliches Moment bildet und die Luft im Walde verhältnissmässig weit weniger bewegt ist.

So wichtig es nun wäre, den Antheil des Niederschlages, der durch die Verdunstung verloren geht, genau zu kennen, so schwierig ist eine solche Bestimmung, da die Verhältnisse an den für die Beobachtung verwendeten Atmometern ganz andere sind, als bei der Verdunstung von der Oberfläche der Pflanzen und des Bodens. Ausserdem wird die Vergleichbarkeit der atmometrischen Messungen, bei welchen die Verdunstung einer Wasserfläche untersucht wird, durch die verschiedene Art der Exposition (indem die Instrumente an einigen Orten der Sonne und dem Regen ausgesetzt, an anderen davor geschützt aufgestellt werden), durch die verschiedenen Dimensionen der Verdunstungsschalen und das verschiedene Material, aus welchem dieselben verfertigt sind, sehr beeinträchtigt. Es darf unter solchen Umständen nicht befremden, wenn Atmometer von kleinen Dimensionen aus Metall und der Sonne ausgesetzt, jährliche Verdunstungsmengen geben, welche die Niederschlagsquantitäten bei weitem (2—3mal) übersteigen.

Bei der Schwierigkeit, durch directe Verdunstungsbeobachtungen die Verdunstung des Bodens und hiemit den Antheil der Niederschläge zu finden, der den Quellen und fliessenden Gewässern zu Gute kommt, hat man denselben theils durch Vergleiche zwischen der Wassermenge, die ein Strom im Laufe des Jahres fortbewegt und der dem Stromgebiete entsprechenden Regenmenge zu bestimmen, andererseits die durch einen gegebenen Querschnitt des Bodens durchgesickerte und von einer bestimmten Bodenschichte abgegebene Wassermenge zu messen gesucht.[2]

[1] Nach Ebermayer war die Verdunstung einer freien Wasserfläche im Walde um 64 Percent geringer als ausserhalb desselben. (Zeitschrift für Meteorologie VIII, 253.)

[2] Möllendorf (die Regenverhältnisse Deutschlands, S. 130—167) gibt als Percentsatz der nicht verdunsteten und zur Speisung der Quellen und Flüsse verwendeten Niederschläge für England (4 Bestimmungen) 31·7, für Frankreich (2 Bestimmungen in bergigem Terrain) 65·1, für Deutschland (5 Bestimmungen an Flüssen, 7 Bestimmungen an Erdkästen und Drainage-Anlagen) 47·3 Percente.

Wenn nun auch im Walde ein beträchtlicher Theil des Niederschlages von den Zweigen und Blättern aufgehalten wird und nicht bis an den Boden gelangt, so bleibt dafür der Rest (nach Ebermayer 72 Perc., Zeitschrift für Met. VIII, 274) dem Walde länger erhalten und findet Zeit, in den Boden einzudringen und die Quellen zu speisen.

Dieser durch die Verdunstung nicht zerstreute Rest dringt entweder in den Boden ein, oder er fliesst an der Oberfläche desselben ab.

Im ersteren Falle dient er vorzugsweise zur Speisung der Quellen, im zweiten wird er den Wasserläufen direct zugeführt und bewirkt ein kurz andauerndes, mehr oder weniger beträchtliches Anschwellen der letzteren.

Allgemein wird anerkannt, dass der Wald schon durch die ihm eigenthümliche Vegetation der Flechten, Moose u. s. f. vorzugsweise geeignet sei, den Niederschlag aufzunehmen, zu sammeln und nur allmälig wieder abzugeben.

In dieser Beziehung sind die vorhin bereits erwähnten Versuche über die Wassermenge, welche im Erdboden bis zu einer bestimmten Tiefe einsickert, sehr lehrreich, da sie einerseits über das Verhalten der verschiedenen Bodenarten, über den Einfluss der verschiedenen Pflanzen, mit denen der Boden bedeckt ist, andererseits über die Vertheilung der in den Boden eindringenden Feuchtigkeit nach den Jahreszeiten Aufschluss geben. Es zeigt sich nach der letzteren Richtung, dass der Einfluss des Waldes sich vorzugsweise in der warmen Jahreszeit geltend macht.[1]

[1] Nach Ebermayer wurden im Sommer nachstehende Percente der gefallenen Niederschlagsmenge gesammelt

in Tiefen von:	1′	1′	2′	4
	ohne Streu	mit Streu		
im Freien	19	—	14	11
im Walde	52	72	65	36
Unterschied	33	53	51	25

Aeltere Versuchsreihen rühren von Maurice in Genf, Gasparin in Orange her; eine neuere, in grossem Massstabe unternommene von E. Risler zu Calève bei Nyon (Canton Wallis), der ein 12.300 Quadr. Meter haltendes Versuchsfeld mit Getreide, Klee u. s. f. besäete, den Abfluss in

In Bezug auf jenen Theil des Niederschlages, der nicht in den Boden eindringt, sondern an der Oberfläche abfliesst und welchem namentlich das Anschwellen der Hochwässer zuzuschreiben ist, besteht keine Meinungsverschiedenheit hinsichtlich des Einflusses der Wälder. Allseitig wird zugestanden, dass mit dem Abtreiben der Wälder die Zuflüsse den Wasserläufen rascher zuströmen und dass in Gebirgsgegenden an entwaldeten steilen Hängen die fruchtbare Erde abgeschwemmt und die Wasserläufe in Wildbäche (torrenti) verwandelt werden.

In dem Abtreiben der Wälder, welche dem Herabströmen der Regenwässer nicht mehr wie früher durch ihre vielfach verschlungenen Wurzeln, durch Moose, Flechten u. s. f. ein Hinderniss bieten, wird allgemein die Ursache der häufiger und in immer bedrohlicherer Weise auftretenden Überschwemmungen erblickt.

Von der Thatsache der Verminderung der in den Flüssen enthaltenen Wassermenge ausgehend, welche Verminderung mit der Abnahme des Reichthums der Quellen zusammenhängt, erblickt die Commission die Ursachen dieser Erscheinung

1. in der in grossem Massstabe fortgesetzten Abtreibung der Wälder, deren wohlthätiger Einfluss in der Erhöhung der Luftfeuchtigkeit, der Abschwächung der Temperatur-Extreme, der Verminderung der Verdunstung und der Beförderung eines regelmässigen Abflusses der Niederschläge besteht, während die nachtheiligen Folgen der Abtreibung der Wälder in dem Wechsel zwischen Perioden der Dürre einerseits und verheerenden Hochwässern andererseits zu Tage treten;

2. in der Austrocknung der Seen, Teiche und Moore, welche gleichfalls die Luftfeuchtigkeit erhöhen, die Verdunstung vermindern, die Temperatur-Extreme abschwächen, endlich durch die im Erdboden befindlichen Risse die Quellenbildung direct befördern;

3. in der Urbarmachung und Cultivirung ausgedehnter Landstrecken, zu deren Bewässerung bedeutende Wassermengen erforderlich sind;

0·35 Meter Tiefe bestimmte und die Bodenfeuchtigkeit mit jener des Bodens unter verschiedenen Culturverhältnissen verglich. (Annuaire météorologique de l'Observatoire de Paris pour 1873, pag. 277.)

4. in der Vermehrung der Bevölkerung und der Hausthiere, obgleich die durch diese Ursache bedingte Abnahme des Wassers nur einen relativ geringen Bruchtheil ausmachen dürfte;

5. endlich schien der Commission die von M. L. Saemann[1] ausgesprochene Ansicht, vermöge welcher im Innern der Erde ununterbrochen Wasser zur Bildung von Mineralien verbraucht würde, in welchen dasselbe chemisch gebunden ist und woraus sich eine tellurisch bedingte Abnahme des Wassers ergäbe, Beachtung zu verdienen.

Die Commission erachtet im Hinblick auf die im Berichte angeführten Gründe die von Herrn Hofrath Wex gestellten Anträge unterstützen zu sollen; dieselben gehen dahin:

1. Die kaiserliche Akademie der Wissenschaften wolle die k. k. österreichische Regierung, beziehungsweise das k. k. Handels- und das Ackerbauministerium auf die constatirte continuirliche Wasserabnahme in den Quellen und Strömen, sowie auf die Ursachen dieser Erscheinung aufmerksam machen und sich bei den genannten hohen Ministerien dahin verwenden, dass die von Herrn Hofrath Wex proponirten Massnahmen und Vorkehrungen, um dem weiteren Fortschreiten dieser die künftigen Generationen schwer bedrohenden Calamität nach Thunlichkeit Schranken zu setzen, durch die betreffenden Behörden reiflich erwogen und durch die Erlassung entsprechender Gesetze und Verordnungen zur Durchführung gebracht werden.

Eine ähnliche Mittheilung wäre der k. ung. Akademie der Wissenschaften mit dem Ersuchen zu machen, dieselbe zur Kenntniss der k. ung. Regierung zu bringen, weil gerade die Länder der ungarischen Krone durch die daselbst in letzter Zeit in grosser Ausdehnung betriebenen Waldausrodungen, Seeablassungen, Moor- und Sumpfentwässerungen, endlich durch die Abdämmung der ehemaligen Inundationsgebiete der Flüsse der immer häufiger eintretenden periodischen Dürre und Unfruchtbarkeit ausgesetzt werden dürften.

2. Die kaiserliche Akademie der Wissenschaften wolle sich an die wissenschaftlichen Institute in den anderen Ländern,

---

[1] Sur l'unité des phénomènes géologiques dans le système du soleil. Bull. de la Société Géologique de France 2me série, T. XVIII, p. 322. 1861.

namentlich an jene in Deutschland, England, Frankreich, Italien, Spanien, Russland, Nord-Amerika und Brasilien unter Mittheilung eines Exemplars der Abhandlung des Herrn Hofrathes We x mit dem Ersuchen um Mittheilungen langjähriger Wasserstandsbeobachtungen an den dortigen Flüssen wenden. Im Falle diese Wasserstandsbeobachtungen nicht bereits veröffentlicht sind, möge um die Anfertigung und Mittheilung ähnlicher Übersichten und graphischer Darstellungen ersucht werden, wie selbe in der eben erwähnten Abhandlung enthalten sind.

3. Insbesondere wolle die k. k. Regierung der Regierung des Vice-Königs von Egypten den Wunsch der kaiserlichen Akademie mittheilen, dass aus den 3000 Jahre zurückreichenden Wasserstandsbeobachtungen am Nil-Pegel oberhalb Cairo wenigstens für die letzten 200 Jahre ähnliche Tabellen und graphische Darstellungen angefertigt, oder die erwähnten Wasserstandsbeobachtungen in Abschrift der kaiserlichen Akademie mitgetheilt werden mögen.

4. Die kaiserliche Akademie wolle der k. k. Regierung den Wunsch aussprechen, dass an mehreren Flüssen und an geeigneten Stellen regelmässige Beobachtungen nicht blos der Wasserstände, sondern auch der abfliessenden Wassermengen eingeführt werden mögen, um das Gesetz der Abhängigkeit der letzteren von dem Wasserstande näher zu untersuchen.

Die k. k. Regierung wäre ferner zu ersuchen, den Wunsch der kaiserlichen Akademie, dass auch in den anderen Ländern ähnliche Beobachtungen und Untersuchungen angestellt werden mögen, zur Kenntniss der k. ungarischen und der auswärtigen Regierungen zu bringen.

Wien, den 23. April 1874.

Über Temperatur- und Tiefenverhältnisse des Königssees.

Von Prof. Dr. **Fr. Simony.**

In einer Abhandlung von Prof. Jolly „über Bathometer und graphische Thermometer", welche in dem II. Bande der Sitzungsberichte der königl. baierischen Akademie der Wissenschaften vom Jahre 1862 erschienen ist, sind die Ergebnisse einer Reihe von Temperaturmessungen niedergelegt, welche der bezeichnete Gelehrte im August des genannten Jahres mit einem von ihm construirten Batho-Thermometer im Königssee und Obersee ausgeführt hatte.

Diese Ergebnisse regten das Interesse des Verfassers insbesondere deshalb an, weil dieselben wesentlich von jenen Resultaten abweichen, welche er während mehrjähriger umfassender Beobachtungen über die Temperaturverhältnisse der Seen des Traungebietes gewonnen hatte. Die Abweichung besteht namentlich darin, dass Jolly in den unteren Schichten des Königssees bis zu dessen Grunde eine um $0{\cdot}5^{\circ} - 1{\cdot}3^{\circ}$ C. höhere Wärme gefunden hatte, als — mit einer einzigen Ausnahme — die Seen des Salzkammergutes in ihren grösseren und grössten Tiefen ausweisen.

Mochte nun auch Jolly's höchst sinnreich ausgedachter Doppelapparat[1] trotz des theoretisch richtigen Principes

[1] Derselbe enthält unter einem gemeinsamen Verschlusse ein Bathometer und zwei sich gegenseitig controlirende graphische Thermometer. Das erstere soll je nach dem Masse der mit zunehmendem Wasserdrucke aus einem Gefässe entsprechend mehr und mehr verdrängten Luft die jeweilige Tiefe anzeigen, die letzteren bestehen jedes aus einem kleinen, kolbenartigen, mit concentrirter Kochsalzlösung gefüllten Glasgefässe, in welches eine an beiden Enden offene, nach unten in eine feine Spitze auslaufende, mit einer Skala versehene und mit Quecksilber gefüllte Glasröhre

manchen Bedenken in Bezug auf correcten Gang bei Anwendung in grösseren Seetiefen Raum lassen, so schien doch anderseits die Annahme bedeutender Unrichtigkeiten der mit dem Batho-Thermometer erzielten Resultate im vorhinein um so weniger begründet, als dem Verfasser unter den neunzehn von ihm untersuchten Seen des Traungebietes, wie schon angedeutet wurde, auch einer — nämlich der Toplitzsee — vorgekommen war, welche bei drei innerhalb ebenso vieler Spätsommer vorgenommenen Messungen von der Tiefe von 15—25 Mtr. an bis zum Grunde (105·6 Mtr.) eine gleichmässige Temperatur von 5·75°, beziehungsweise 5·55° C. ergeben hatte.

Das Eintreten der relativ constanten Temperatur in so geringem senkrechten Abstande von der Oberfläche, daneben der verhältnissmässig hohe Wärmegrad durch alle tieferen und tiefsten Schichten finden hier ihre genügende Erklärung in den örtlichen Verhältnissen. Der im Gegenhalt zu seinem geringen Flächenraume (46 Hectaren) sehr tiefe Toplitzsee wird von hohen, steilen Berghängen enge umrahmt, welche gleich wie der Sonne, so auch dem Winde nur beschränkten Zugang gestatten. Der letztere Umstand hat zur Folge, dass bei Eintritt der kalten Jahreszeit schon die ersten, windstillen Tage strengeren Frostes ausreichen, um die oberste Wasserschichte auf den Gefrierpunkt abzukühlen, ehe sie Zeit gehabt hat, während ihres Durchganges durch den Grad der grössten Dichte in die nächst tieferen wärmeren Schichten einzudringen. So geschieht es, dass sich bald (gewöhnlich schon Anfangs December) der ganze See mit einer

---

genau einpasst. Bei der Einsenkung des Apparates in ein kälteres Medium zieht sich die Salzlösung, von welcher angenommen wird, dass sie innerhalb der in den Seen vorkommenden Temperaturgrenzen eine mit dem Wärmegange correspondirende Verdichtungsfähigkeit besitzt, zusammen, und in den entstandenen Raum sickert nun das Quecksilber in feinen Tröpfchen hinab. Aus der an der Theilung des Glasrohres abzulesenden Menge des Quecksilberabganges wird die Grösse der Contraction der Salzlauge berechnet und darnach auch die Temperatur der durch das Bathometer angezeigten Tiefe ermittelt. — Es ist unschwer einzusehen, dass, von der grossen Umständlichkeit bei der praktischen Anwendung dieses Instrumentes abgesehen, die Correctheit seines Ganges von einer Subtilität der ganzen Construction abhängig ist, welche bei der wirklichen Ausführung wohl kaum vollständig zu erreichen sein dürfte.

Eisdecke überzieht, welche in kurzer Zeit eine hinlängliche Dicke erreicht, um jede weitere Abkühlung der tieferen Wassermassen selbst während des strengsten Winters fernzuhalten.

Bei den grösseren, offener gelegenen Alpenseen dagegen erschwert das ungehemmte Spiel der Winde nicht allein die Eisbildung in hohem Grade, sondern bewirkt auch durch die immer wieder sich erneuernde Mischung der oberflächlichen mehr und mehr abgekühlten Massen mit den nächst tieferen, noch wärmeren eine dem Grade der grössten Dichte stetig näher rückende Wärmeabnahme, welche bei anhaltend strengen Wintern selbst in den tiefsten Seen allgemach alle Schichten bis an den Grund hinab zu erreichen vermag.

Bei Vergleichung des Königssees mit den einzelnen Seen des Traungebietes nach Gestalt und Situation schien nun immerhin die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, dass der erstere sich in seinen Temperaturverhältnissen denjenigen des Toplitzsees annähern könnte. Wie dieser, in einen engen, aber noch von viel höheren und schrofferen Alpenmassen begränzten Thalspalt eingesenkt, und somit jedenfalls den Winden weniger ausgesetzt, wie die grösseren Seen Oberösterreichs, liess sich hier ein häufigeres Zufrieren und damit auch das Erhalten eines relativ höheren Wärmegrades in den tieferen Schichten denken.

Um über die fraglichen Verhältnisse ins Klare zu kommen, hatte der Verfasser sich vorgesetzt, während der letzten Herbstferien neben dem bisherigen Forschungsbezirke auch den Königssee in den Kreis seiner Untersuchungen einzubeziehen. Unerwartete Hindernisse verspäteten jedoch die Ausführung des Vorhabens bis in den October. War nun auch die vorgerückte Jahreszeit nicht mehr geeignet, die auf das laufende Jahr entfallende höchste solare Erwärmung der zur Untersuchung bestimmten Seen zu ermitteln, da in den oberen Schichten bereits die herbstliche Abkühlung platzgegriffen hatte, so war doch anderseits nach den mehrjährigen Beobachtungen des Verfassers in den mittleren und tiefsten Schichten das der Tiefe entsprechende Temperaturmaximum des Jahres eben eingetreten und somit für vergleichende Messungen noch eine genügend günstige Zeit geboten.

Die Tage vom 5. bis 17. October waren vorzugsweise Temperaturmessungen des Gmundner- und Attersees, dann einiger

anderer kleinerer Seen gewidmet. Bei den ersteren handelte es sich hauptsächlich darum, die Wirkung des Winters von 1872/3 im Vergleiche zu jener des kalten Winters vom Vorjahre 1871/2 auf die Temperatur der tiefsten Wasserschichten zu ermitteln und dabei indirect die Intensität des Einflusses eines zweiten Factors auf die Temperatur der untersten Wasserschichten, nämlich jenen der Bodenwärme, wenigstens annähernd festzustellen.

Das Temperaturmittel des Winters von 1872/3 stand im Allgemeinen um 2·0—2·5° C. über dem normalen, während dagegen das Mittel des Winters von 1871/2 um 1·7—2·0° C. unter das normale herabgesunken war.

Dieser nahe 4° C. betragende Unterschied zwischen der Mitteltemperatur der beiden Winter machte sich denn auch thatsächlich in den Wärmeverhältnissen der untersten Wasserschichten bemerkbar. So hatte der Gmundner See an seiner tiefsten Stelle (190·9 Mtr.) am 5. und 17. October 1873 4·75° C. gegen 4·4° am 3. October des Vorjahres, und der Attersee gleichfalls am Grunde seines tiefsten Theiles (170·7 Mtr.) am 6. October 1873 4·6° C. gegen 4·10° am 23. September 1870, eines Jahres, welches gleichfalls durch einen um beiläufig 1° C. unter dem Normale stehenden Winter, insbesondere aber durch einen kalten Februar und März gekennzeichnet war.

Nach den im Gmundner- und Attersee gefundenen Resultaten liess sich nun wohl auch mit Recht erwarten, dass die Temperatur der tieferen Schichten des Königssees wenigstens nicht niedriger stehen würde, als sie Prof. Jolly im August des Jahres 1862 gefunden hatte, um so mehr, als hier der vorausgegangene Winter gleichfalls beiläufig 1° C. unter dem Normale gestanden war.

Die am 19. October von dem Verfasser mit einem vollkommen erprobten Minimum-Thermometer[1] gewonnenen Tempe-

[1] Es mag hier bemerkt werden, dass die Annahme, der starke Wasserdruck mache die Anwendung des frei exponirten Minimum-Thermometers zur Ermittlung der Temperatur in grösseren Tiefen unzulässig, von dem Verfasser gänzlich ungerechtfertigt gefunden wurde. Zahlreiche vergleichende Messungen mit dem ersteren und einem eigens für diesen

raturdaten lieferten jedoch ganz andere, von den erwarteten und auch von den durch Jolly verzeichneten bedeutend abweichende Resultate, wie aus der nachfolgenden Tabelle zu entnehmen ist.

Zweck construirten Apparate haben ergeben, dass die Erhöhung des wahren Temperaturgrades in Folge der Compression der Thermometerkugel bei dem offen ausgesetzten Minimum-Thermometer selbst in Tiefen von 600 Fuss höchstens 0·15—0·2° C. betrage, eine so geringe Erhöhung, dass gegenüber der ausserordentlichen Handsamkeit des Instrumentes und der schnellen Arbeit von dem kleinen Fehler ganz abgesehen werden kann. Einen weiteren untrüglichen Beweis für den geringen Einfluss der Compression auf die Anzeigen des Minimum-Thermometers gewann der Verfasser seit den letzten Jahren, wo er zur Abkürzung der Operation und zur Controle der gewonnenen Resultate häufig gleichzeitig mit zwei Minimum-Thermometern arbeitete. Wiederholte Messungen in den grössten Tiefen des Gmundner- und Attersees mit beiden Thermometern haben regelmässig ganz gleiche Temperaturen ergeben, obgleich die Grösse der beiden Thermometerkugeln eine sehr verschiedene ist. Die Adjustirung der Instrumente ist folgende: Das Minimum-Thermometer ist von einer cylindrischen, auf der Seite der Skala mit einem beiläufig 2·5 Ctm. breiten Ausschnitt versehenen Hülse aus starkem Metallblech umschlossen. Dieselbe liegt in einer massiven, an beiden Enden rechtwinklig umgebogenen Eisenschiene, an welcher vier Öhre derart angebracht sind, dass zwei durch dieselben geschlungene, feste Schnüre nach oben und nach unten zu je einem gleichschenkligen Dreieck verknüpft werden können. An dem abwärts gekehrten Dreieck wird ein Bleiloth von entsprechender Schwere (6 Kilogramm Belastung reichen selbst für Tiefen von 200 Meter aus) angebracht, um das horizontal eingesenkte Instrument stets in gleicher Lage zu erhalten; an die Spitze des über dem Thermometer sich schliessenden Dreieckes wird die Messschnur befestigt. Um das Thermometer selbst gegen jede unliebsame Berührung mit Steinen, Astwerk u. dgl. zu schützen, ist die ganze Hülse mit starkem Spagat kreuzweise derart umwunden, dass durch die Überstrickung das Ablesen nicht erschwert wird. Bei Messungen am Seegrunde muss die Vorsicht beobachtet werden, dass das Instrument etwas vom Boden entfernt bleibe, da es aufruhend im Schlamme leicht eine schiefe Lage annehmen und dann einen unrichtigen Wärmestand angeben kann. Eine Exposition durch 10 Minuten genügt, um selbst in den grössten Tiefen das Thermometer auf den entsprechenden Temperaturstand zu bringen.

Vergleichende Zusammenstellung von Temperaturmessungen im Königssee

in den Jahren 1862 und 1873.

Tiefe in		Temperatur in Celsiusgraden nach	
Wiener Fuss	Meter	Jolly 19. Aug. — 2. Sept. 1862	Simony 19. October 1873
	0	14·9—15·2	12·20
5	1·6	—	11·80
10	3·2	—	11·70
15	4·7	—	11·60
20	6·3	—	11·45
25	7·9	—	10·20
30	9·5	—	9·00
40	12·6	—	7·85
50	15·8	—	6·95
60	19·0	—	6·35
72	22·6	7·89	—
80	25·3	—	5·15
85	26·8	6·61	—
100	31·6	—	4·85
119	37·8	6·58	—
125	39·5	—	4·80
150	47·4	—	4·65
175	55·3	—	4·60
200	63·2	—	4·55
213	67·2	6·00	—
250	79·0	—	4·55
300	94·8	—	4·55
302	95·5	5·83	—
330	104·3	5·81	—
400	126·4	—	4·55
485	153·3	5·38	—
500	158·0	—	4·55
517	163·2	5·50	—
590	186·5	—	4·55
628	198·0	5·44	(Grund.)
645	204·1	5·52	
685	216·5[1]	5·34	

[1] Dass das von Jolly angewendete Bathometer gleichfalls zu grosse Zahlen ergeben hatte, wird weiter unten nachgewiesen werden.

Aus der vorhergehenden Tabelle ergibt sich, dass, wenn von den oberen Schichten abgesehen wird, in welchen zufolge des vorgerückten Herbstes eine niedrigere Temperatur sich schon nothwendig eingestellt haben musste, auch in allen grösseren Tiefen, wo sonst in der Regel um diese Zeit das dem laufenden Jahre entsprechende Maximum der der Schichte zukommenden Wärme erst eingetreten ist, das Minimumthermometer verhältnissmässig bedeutend niedrigere Temperaturen (bei 30 Mtr. Tiefe um 1·7°, bei 80 Mtr. um 1·4° und selbst am Grunde noch um 0·8° C. weniger) als Jolly's Apparat angezeigt hatte.

Allerdings ist die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, dass der Gang der von Jahr zu Jahr stattfindenden Temperaturänderungen in den grösseren Tiefen des Königssees sich abweichend von jenem anderer Alpenseen gestalten könne. Namentlich wird eine Abweichung durch den Umstand bedingt, dass der Königssee in Folge seiner engen Abgeschlossenheit trotz der grossen Tiefe in der Mehrzahl der Jahre und zwar nicht selten schon vor Weihnachten zufriert, während andere gleich tiefe Seen, wenn sie dem Zutritt der Winde preisgegeben sind, selbst in strengeren Wintern — seltene Ausnahmen abgerechnet — offen bleiben, wie dies beispielsweise bei dem Gmundner- und Attersee der Fall ist. Geschieht es nun, dass der Königssee in Folge von Windstillen schon am Beginn eines strengen Winters sich vollständig schliesst, so sind die unter der Eisdecke ruhenden Wassermassen gegen jede weitere Abkühlung geschützt und es vermag nun der zweite auf die Temperatur der unteren und untersten Schichten Einfluss übende Factor, nämlich die Bodenwärme des Seegrundes, und zwar im Sinne der Temperaturerhöhung, sich geltend zu machen, ohne, wie dies bei den während des Winters offen bleibenden Seen der Fall ist, durch das unausgesetzte Niedersinken der oberflächlich abgekühlten Schichten beeinträchtigt oder temporär ganz unterdrückt zu werden. Umgekehrt kann bei einem relativ milden Winter, wie jener von 1872/3, wo der See offen blieb, in Folge des Mangels der schützenden Eisdecke die nun durch Monate ungeschmälert fortdauernde Wirkung der oberflächlichen Abkühlung viel tiefer greifen und so eine durchgängig bedeutendere Temperaturdepression der ganzen Wassermasse hervorrufen, als in den Jahren mit strengeren Wintern.

Mag nun aber auch der Effect der eben angedeuteten Verhältnisse noch so hoch angeschlagen werden, so ist doch schwer anzunehmen, dass so bedeutende Temperaturunterschiede, wie sie sich aus der obigen Zusammenstellung ergeben, in Wirklichkeit stattgefunden haben, und es dürfte demnach der Zweifel an dem richtigen Gange des in Rede stehenden Batho-Thermometers ausreichend gerechtfertigt sein[1].

Die beigeschlossene Tabelle soll dazu dienen, die Temperaturverhältnisse des Königssees mit jenen verschiedener Seen des Traungebietes vergleichen zu können. Stammen die hier verzeichneten Messungsresultate auch nicht aus einem und demselben Jahre und Monate, so rühren sie sämmtlich doch aus einer Jahreszeit her, wo im Allgemeinen die Temperaturen der mittleren und grösseren Tiefen für das laufende Jahr schon mehr oder weniger ihren relativ höchsten Stand erreicht haben. Dass je nach der verschiedenen klimatischen Gestaltung der aufeinanderfolgenden Jahre auch die Wärmeverhältnisse der Seen sich ungleich verhalten müssen, ist selbstverständlich; doch ist zu bemerken, dass sich die grösseren Differenzen selbst mit Bezug auf diejenigen Monate, während welcher die höchste Wärmesteigerung eintritt, innerhalb eines und desselben Sees stets nur auf die obersten Schichten beschränken, während sie in Tiefen von 20—25 Mtr. durchschnittlich schon unter 2° C. herabsinken, bei 40—50 Mtr. den Spielraum von 1° nur ausnahmsweise übersteigen, in noch grösseren Tiefen endlich nur noch wenige Zehntelgrade betragen. In kleineren Seen rücken die angedeu-

[1] Ganz abnorme Resultate hatte Prof. Jolly mit dem erwähnten Apparate im Obersee erzielt. Dort hatte der letztere in der Tiefe von 27·1 Met. 7·55°, bei 31·4 Met. aber gar 9·12° C. angezeigt. Leider gestattete dem Verfasser das während der Tiefenmessungen losgebrochene Unwetter nicht, auch noch mit dem Minimum-Thermometer zu operiren; doch glaubt er, verweisend auf die beigegebene Zusammenstellung von Temperaturverhältnissen verschiedener Seen des Traungebietes, behaupten zu dürfen, dass auch hier das Batho-Thermometer sich eines wenig correcten Ganges beflissen, beziehungsweise zu hohe Temperaturgrade ergeben hatte. Nicht viel besser dürfte es sich auch mit den im Walchensee gefundenen Resultaten verhalten, bei welchen insbesondere auch noch die gefundene Tiefe von 248·8 Met. völlig unglaublich erscheint.

ɔdener Seen des Traungebietes.

1873.

von dem vorhergehenden Messungspunkte.)

	1870									
	Hallstätter See Mh. 505·7 Mtr. Fl. 868·5 Hect.		Vorderer Gosausee Mh. 909 Mtr. Fl. 52·5 Hect.		Schwarzensee Mh. 720 Mtr. Fl. 48·0 Hect.		Fuschlsee Mh. 660 Mtr. Fl. 273·5 Hect.		Wolfgangsee Mh. 532 Mtr. Fl. 1349 Hect.	
	28. September		23. August		30. August		31. August		1. September	
	A	*B*	*A*	*B*	*A*	*B*	*A*	*B*	*A*	*B*
	13·85		10·40		13·70		14·00		14·80	
	13·00	—0·85	9·50	—0·90	11·30	—2·40	13·60	—0·40	14·35	—0·45
	11·60	—1·40	6·05	—3·45	6·15	—5·15	12·60	—1·00	9·20	—5·15
	10·80	—0·80	4·95	—1·10	4·15	—2·00	6·65	—5·95	6·90	—2·30
	9·50	—1·30	4·70	—0·25	3·95	—0·20	5·20	—1·45	5·90	—1·00
	8·40	—1·10	4·65	—0·05	3·95	0·00	4·80	—0·40	5·40	—0·50
	6·00	—2·40	4·65	0·00	3·95	0·00	4·65	—0·15	4·60	—0·80
	5·00	—1·00	4·65	0·00			4·55	—0·10	4·35	—0·25
	4·45	—0·55			Gr. Tiefe: 171′ = 54·0 Mtr. (3·95°)*				4·25	—0·10
	4·45	0·00	Gr. Tiefe: 216′ = 68·3 Mtr. (4·65°)				Gr. Tiefe: 207′ = 65·4 Mtr. (4·55°)		Gr. Tiefe: 357′ = 112·0 Mtr. (4·25°)	
	Gr. Tiefe: 396′ = 125·2 Mtr. (4·45°)				* Die niedrigste in den Seen des Traungebietes beobachtete Grundtemperatur.					

—8 Mtr. Tiefe
ers bei allen
er normalen

Die oberste Schichte bis zu 5 Mtr. Tiefe in Folge der ungewöhnlich starken Temperaturdepression während der zwei letzten Augustwochen 1·5—1·0° C. unter der Normaltemperatur.

teten Amplituden der Temperatur meist noch näher gegen die Oberfläche hinauf.

Bei Vergleichung der in der vorliegenden Tabelle zusammengestellten Verhältnisse macht sich vor allem die Verwandtschaft des Königssees mit den kleineren, inneralpinen Seen des Traungebietes, insbesondere mit dem Gosau-, Grundel- und vorderen Langbathsee bemerkbar. Auch der Wolfgangsee zeigt eine ähnliche Temperaturvertheilung, nur sind bei demselben die obersten Schichten bedeutend wärmer, die Abnahme in der Tiefe zwischen 12—20 Mtr. viel intensiver und auch noch in den grösseren Tiefen stärker, wie bei dem Königssee. Der Attersee ist im Allgemeinen in seinen Wärmeverhältnissen wohl dem Wolfgangsee verwandt, nur stellt sich nach in gleicher Herbstzeit eines und desselben Jahres vorgenommenen Messungen heraus, dass bei den ersteren die stärkste Wärmeabnahme regelmässig erst um 3—5 Mtr. tiefer eintritt, dafür aber meist in eine noch weniger mächtige Schichte zusammengedrängt ist.

Im Gegensatze zu den bisher genannten Seen ergibt sich zwischen dem Königssee einerseits und dem Gmundner und Hallstätter See anderseits ein um so auffälligerer Unterschied in der Wärmevertheilung insofern, als bei den letzteren beiden die Temperaturabnahme nach der Tiefe eine viel langsamere und daher auch relativ gleichmässigere ist wie bei dem Königssee, und nicht nur bei diesem, sondern, wie die Tabelle zeigt, auch bei dem Attersee, Wolfgangsee und ebenso bei den kleineren hier verzeichneten Seen. Dieser Unterschied ist auf den Umstand zurückzuführen, dass sowohl der Hallstätter als auch der Gmundner See von einem verhältnissmässig mächtigen Zufluss, nämlich von der Traun, durchströmt werden, welche durch ihre reichliche Wassermasse bis in bedeutende Tiefen ihrer Durchgangs- und Läuterungsbecken hinab wärmeausgleichend wirkt. Dass dem so ist, tritt am deutlichsten hervor, wenn man das Verhältniss der Areale der einzelnen Seen und ihrer zugehörigen Sammelgebiete vergleicht.

Bei dem Wolfgangsee beträgt der Flächenraum des ganzen Sammelgebietes etwas weniger, bei dem Attersee etwas mehr

als das 9fache, bei dem Königssee beiläufig das 15—20fache[1], bei dem Gmundner See dagegen das 55fache und bei dem Hallstätter See gar das 71fache des Seeareals[2]. Dabei ist zu bemerken, dass das Sammelgebiet der in den Gmundner See einmündenden Traun allein das 50fache, jenes des in den Hallstätter See sich ergiessenden Antheiles desselben Flusses das 44fache des betreffenden Seeflächenraumes bildet.

Nebenbei sei noch erwähnt, dass bei der Wärmevertheilung nach der Tiefe auch die sonstige Gestaltung des Beckens, insbesondere das Verhältniss der Menge der einströmenden Wassermassen zum cubischen Inhalt der Seen bestimmend mitwirkt, eine Thatsache, für welche jedoch eingehendere Nachweise einer späteren Darlegung vorbehalten bleiben müssen.

Eine zweite Aufgabe, welche sich der Verfasser bei dem Königssee gestellt hatte, bestand darin, nicht nur die wahre grösste Tiefe, sondern auch annäherungsweise die Gestalt des ganzen Beckens zu ermitteln. Zu diesem Zwecke wurden in zwanzig nach der ganzen Länge des Sees entsprechend vertheilten Querprofilen 140 Peilungen vorgenommen, die gegenseitigen Abstände der Messungspunkte in den aufzunehmenden Durchschnitten nach der Zahl der Ruderschläge bestimmt und die Richtungen der Messungslinien, wo nothwendig, mit dem Compass sichergestellt[3].

---

[1] Eine genauere Angabe über die Grösse des Sammelgebietes des Königssees ist unthunlich, da der über das steinerne Meer laufende Theil der Wasserscheide dieses Gebietes nicht einmal annähernd festgestellt werden kann.

[2] Bei dem Flächenraume der Sammelgebiete ist stets auch das Areal des betreffenden Sees mitgerechnet, da der letztere ja nicht allein durch die Zuflüsse, sondern auch durch die auf seine Oberfläche direct fallenden Niederschläge gespeist wird.

[3] Der von dem Verfasser benützte Messapparat besteht aus einer kleinen, auf die Schiffswand aufsteckbaren Winde, über welche eine durch bezifferte Holzmarken abgetheilte Schnur läuft, und aus einem bei 5 Klgr. schweren Bleicylinder, an dessen unterem Ende ein eiserner Hohlkegel zum Auffassen des Grundschlammes angebracht ist. Dem Übelstande, dass die Messschnur in Folge der Durchnässung sich jedesmal bedeutend zusammenzieht und anderseits wieder bei dem Aufwinden des Lothes eine gewisse Dehnung, überhaupt aber durch den fortgesetzten Gebrauch eine Änderung sowohl ihrer ganzen Länge als auch der durch die Holzknöpfe

Was nun die grösste Tiefe des Königssees betrifft, so hat sich durch die stattgehabten Messungen herausgestellt, dass das von Prof. Jolly angewendete Batho-Thermometer auch in dieser Beziehung kein richtiges Resultat ergeben hatte. Die von dem genannten Gelehrten berechnete Zahl — 742 baier. Fuss = 216 Mtr. — welche allmälig auch in den meisten Touristenbüchern Aufnahme gefunden hat, nur mit der Abwechslung, dass die ursprünglichen 742 baierischen Fuss sich schliesslich zu eben so vielen Pariser Fuss auswuchsen, erscheint gegenüber dem vom Verfasser gefundenen Tiefenmaximum (188·2 Mtr.) um 27·8 Mtr. zu gross. Ungleich näher steht dem letzteren Resultate die gleichfalls hie und da abgedruckte und auch den Schiffern geläufige Angabe mit 106 baier. Klafter = 185·8 Meter, indem dieselbe nur um 2·4 Mtr. gegen die vom Verfasser ermittelte Maximalziffer zurückbleibt. Die auf 106 baier. Klafter lautende Angabe ist wenigstens insofern genau, als in der Gegend des Echo, wo bisher die grösste Tiefe vermuthet wurde, der Messapparat des Verfassers thatsächlich nur 185 Mtr. ergeben hatte, während die wahre tiefste Stelle beiläufig 350 Mtr. südlicher, nämlich gegen die Mitte der vom sogenannten Mitterling nach Ost gezogenen Querlinie zu suchen ist.

Der Königssee zählt, wenn von den vielen, durch keine verlässliche Messung beglaubigten Angaben über grosse Tiefen verschiedener Alpenseen abgesehen wird, in Rücksicht auf seine geringe Breite zweifellos zu den verhältnissmässig tiefsten Seen unseres Hochgebirges. Sein Becken gleicht im grossen Ganzen einer riesigen, an einer Stelle stark verengten Wanne; die schroffen, mitunter senkrechten Abstürze seiner

markirten Masseinheiten erleidet, wird dadurch begegnet, dass nach stattgehabten Messungen die ganze durchtränkte Leine Theil um Theil nachgemessen und dann den gefundenen Änderungen entsprechend die Correction der notirten Tiefenzahlen vorgenommen wird. Können die mit dem beschriebenen Apparate erhaltenen Resultate auch noch nicht in allen Fällen als absolut genau bezeichnet werden, da mancherlei unberechenbare Einflüsse sich bei den Messungen stets mehr oder weniger geltend machen, so darf doch, allen gemachten Erfahrungen gemäss, der selbst bei den ungünstigsten Verhältnissen eintretende Fehler — die Beachtung aller nöthigen Vorsichten vorausgesetzt — auf höchstens ein Procent Abweichung von der wahren Zahl veranschlagt werden.

grossartigen Umgebung setzen sich fast durchgängig auch unter dem Wasserspiegel bis nahe zum Grunde fort, welcher ähnlich, wie bei der Mehrzahl der alpinen Seebecken, auch hier verhältnissmässig geebnet ist. Nur wo Wildwässer, wie der Königsbach, Kesselbach, Eisbach und Schrainbach ihre Schuttmassen in dem See abgelagert haben, werden die Steilwände des Beckens durch die von 32 bis zu 5 und noch weniger Grad Neigung sich verflachenden Alluvialkegel local unterbrochen. Das mächtigste dieser Schuttdelta's, welches aus dem Detritus des tief eingerissenen und bis zu den höchsten Gipfeln des Wazmann sich hinaufziehenden Eisthales zuerst durch niedersteigende Gletschermassen vorgebildet, später durch den Eisbach weiter ausgebaut wurde und auch jetzt noch fortwährend unmerklich an Grösse zunimmt, ist die mit beiläufig 60 Hectaren Flächenraum den Seespiegel überragende Landzunge von St. Bartholomä, durch welche der See bis auf 245 Mtr. Breite eingeengt und in zwei ungleich grosse Abschnitte getheilt wird. Der untere, weitaus grössere Theil, vom Austritte der Ache bis zur engsten Stelle oberhalb des Landungsplatzes von St. Bartholomä, hat (in gerader Linie gemessen) eine Länge von 5300 Mtr. und ein Areal von 365·5 Hectaren, während die Länge des oberen Abschnittes, von der Enge bis zum südlichsten Uferpunkte nächst der Salletalpe, nur 2450 Mtr. und sein Flächenraum 144·2 Hectaren beträgt. Für die verschiedenen Oberflächendimensionen ergeben sich folgende Verhältnisse:

	Flächenraum in Hectaren	Länge	Grösste Breite	Mittlere Breite
		in Metern		
Unterer Abschnitt.	365·5	5300	1200	690
Oberer Abschnitt .	144·2	2450	800	581
Der ganze See	509·7	7750	1200	655

Sucht man unter den Seen des Traungebietes nach demjenigen, welcher dem Königssee in den bisher berührten räumlichen Verhältnissen sich am meisten nähert, so ist dies der Hallstätter See, doch übertrifft derselbe den ersteren, mit Ausnahme

der ziemlich gleichkommenden Länge (7920 Mtr.) sowohl an Flächenraum (868·5 Mtr.) als auch an grösster und mittlerer Breite (1670 Mtr. beziehungsweise 1097 Mtr.) um ein Bedeutendes, während er ihm dagegen an grösster Tiefe um 63 Mtr. nachsteht.

Das Detail der Tiefenmessungen in den einzelnen Querprofilen betreffend, hat sich aus denselben nachfolgendes ergeben.

Der unterste Theil des Sees beginnt mit einer ausgedehnten Untiefe, deren Boden vom Nordufer bis zu der durch die Südspitze der Insel Christlieger gehenden Querlinie sich erst um 5—6 Mtr. gesenkt hat. Von da an nimmt die Neigung des Seegrundes allmälig derart zu, dass am Beginn der ostsüdöstlichen Krümmung des bisher noch schmalen Sees die Tiefe bereits auf 22—23 Mtr. und am Ende derselben auf 50 Mtr. gestiegen ist.

Im Übergange aus der ostsüdöstlichen in die fortan bleibend südsüdwestliche Richtung, wo der See sich zugleich bedeutend zu verbreitern beginnt, wird mit einemmale eine viel jähere Senkung des Bodens bemerkbar; dieselbe wächst innerhalb der Längsaxe auf einer Strecke von wenig mehr als 120 Mtr. von 10 bis auf 35 Grade und die Tiefe von 60 auf 130 Mtr., so dass man die Ostflanke der Falkensteinwand, den gegenüberliegenden Uferbogen und den zwischen beiden sich hinziehenden Bodenabsturz als den eigentlichen nördlichen Abschluss des Hauptbeckens betrachten kann.

Gleich ihrem über den Wasserspiegel aufragenden Theile stürzt die Falkensteinwand auch unter demselben nahezu senkrecht in grosse Tiefe nieder; wenige Ruderlängen vom Ufer erreicht das Loth erst bei 80—100 Mtr. den Grund, der sich dann seewärts mit rasch abnehmender Neigung noch bis zu 130 bis 136 Mtr. vertieft.

Der Falkensteinwand gegenüber schiebt der Königsbach die Basis seines fast ganz unter dem Seespiegel liegenden Aufschüttungskegels so nahe gegen die erstere vor, dass der tiefste Punkt des zwischenliegenden Querprofiles (136·2 Mtr.) sich ihr bis auf etwa 100 Mtr. genähert hat. Der Böschungswinkel dieses Schuttkegels beträgt in dem grössten Theile seiner Höhe 30—25°

und erst nach dem Fusse hin verflacht er sich allmälig gegen den Seegrund.

Eine neue verstärkte Senkung des Bodens beginnt unmittelbar südwärts von dem eben erwähnten Alluvialkegel des Königsbaches mit der zunehmenden Erweiterung des Sees. Auf eine Strecke von 300 Mtr. wächst die Vertiefung des Bodens von 136·2 auf 168·8 Mtr. (6° Neigung), die nächsten 800 Mtr. bis zur Gegend des Echo auf 184·7 Mtr. (2—1½° Neigung), von da weitere 350 Mtr. bis zum Querprofil am Mitterling und damit zur absolut tiefsten Stelle auf 188·2 Mtr. (50—20′ Neigung). Im weiteren Verlaufe der Längslinie tritt wieder zunächst eine kaum merkliche, dann aber stetig zunehmende Steigung des Grundes ein; indess beträgt die Verminderung der Tiefe auf eine Strecke von 1600 Mtr. der Mittellinie im Ganzen nicht mehr als 18 Mtr., so dass bis 500 Mtr. seewärts vom Nordostrande der Landzunge von St. Bartholomä der See noch eine Tiefe von 170—172 Mtr. ausweist. Erst von da an steigt der Boden in rasch wachsender Böschung von 2—25° gegen den Ufersaum des grossen Schuttdelta's empor.

Was die beiderseitigen Beckenwandungen betrifft, so bildet die westliche, von der Nordostecke der Falkensteinwand an, auf eine Strecke von 2300 Mtr., nämlich noch etwas über den von der Kesselbachmündung ausgehenden Querschnitt hinaus, ununterbrochene Abstürze von 60—80°, die erst bei Tiefen von 120 bis 160 Mtr. in die bei Bergschutthalden gewöhnlich vorkommenden Böschungen übergehen. In der östlichen Beckenwand erreicht der zusammenhängende Steilabsturz zwischen den unterseeischen Schuttkegeln des Königs- und Kesselbaches nur eine Länge von beiläufig 1100 Mtr., doch finden sich auch hier ganz nahe dem Ufer Abgründe von 80—170 Mtr. Tiefe. Zu bemerken ist, dass selbst da, wo die beiderseitigen Beckenwände ihre grössten und schroffsten Abstürze gegenüberstellen und der See nur erst eine Breite von 480—800 Mtr. erreicht hat, der Grund trotzdem auf zwei Fünftel der Länge und mehr in jedem einzelnen Querprofile nahezu vollständig geebnet erscheint.

Ähnlich dem Königsbache hat auch der Kesselbach an der östlichen Wand des Beckens einen Alluvialkegel unter dem Wasser aufgebaut, dessen halbkreisförmiger Fuss sich bereits

über drei Viertel der ganzen hier schon 800 Mtr. betragenden Seebreite vorgeschoben und den Punkt grösster Tiefe des zugehörigen Querprofiles bis auf 200 Mtr. gegen das Westufer hingedrängt hat.

Südwärts des vom Kesselbach ausgehenden Querschnittes gewinnt der See allgemach seine grösste Breite (1200 Mtr.), dagegen nehmen, übereinstimmend mit der geringer werdenden Schroffheit der beiderseitigen Bergabstürze auch die Beckenwände an Steilheit ab, dennoch fallen sie auch hier noch mit einem Böschungswinkel von 50—35° ein und verflachen sich erst gegen den Grund nach und nach bis fast zur Horizontale.

Es ist bereits erwähnt worden, dass durch die vortretende Landzunge von St. Bartholomä (Hirschau) der See von 1200 Mtr. bis auf 245 Mtr. eingeengt und damit in einen nördlichen, grösseren und einen südlichen, kleineren Abschnitt zerlegt wird. Diese flache Landzunge, welche in der Gestalt eines Bogens, dessen Sehne beinahe 1500 Mtr. Länge erreicht, sich von dem westlichen Gebirgsfusse in den See hinausstreckt, ist nichts anderes, als die bei 60 Hectaren grosse, schwach geneigte Scheitelfläche eines gewaltigen Schuttkegels, der unter dem Wasser sich zunächst noch hie und da in einem schmalen Saume als Untiefe fortsetzt, dann aber in der ganzen Peripherie mit einer Böschung von 20—30° gegen die Tiefe absenkt und erst in der Nähe des Beckengrundes in die normale Verflachung übergeht.

Der stark geneigte Abfall des Schuttdelta's einerseits und die noch steilere Böschung der östlichen Beckenwand anderseits machen es möglich, dass selbst noch innerhalb der grössten Verengerung eine schmale Rinne übrig bleibt, die an der Scheide der beiden Seeabschnitte noch eine Tiefe von nahe 60 Mtr. ausweiset.

Der obere Abschnitt des Königssees unterscheidet sich von dem unteren nicht blos durch die geringe räumliche Ausdehnung nach Flächenraum, Länge und Breite, sondern auch durch viel geringere Tiefe, indem die Messungen des Verfassers als Maximum nur 104·1 Mtr. ergeben haben. Den tiefsten Punkt fand der letztere jedoch nicht, ähnlich wie im nördlichen Theile, gegen die Mitte, sondern näher der Enge zu, und zwar in der vom sogenannten Holzwurf gegen Ostsüdost gezogenen, 785 Mtr.

langen Querlinie, an einer Stelle gelegen, welche beiläufig 190 Mtr. von der östlichen Uferwand entfernt ist.

Entsprechend der allgemeinen Gestaltung des Sees schiesst auch hier die östliche Beckenwand übereinstimmend mit der Schroffheit der Uferfelsen innerhalb einer Strecke von 700 bis 800 Mtr. fast ununterbrochen in sehr steilen, mitunter nahezu senkrechten Abstürzen zur Tiefe nieder. Ähnliche Verhältnisse finden sich längs der hohen westlichen Uferwand vom Holzwurf an bis gegen den Schrainbachfall, und erst südlich von dem letzteren nimmt, gleich den nun minder steil ansteigenden Berghängen, auch die unterseeische Fortsetzung derselben eine mässigere Neigung an.

Der Schuttkegel des Schrainbaches, obgleich mit seinem Fusse bis über die Mitte des Seegrundes sich hinausschiebend, reicht mit dem Scheitel erst bis an den Wasserspiegel heran, ohne ihn jedoch zu überragen.

Südwärts von der durch den Schrainbachkegel gehenden Querlinie des Sees beginnt der Seeboden von 102·4 Mtr. Tiefe aus zuerst unmerklich, dann aber rascher anzusteigen und zwar derart, dass er gegen den Einfluss des Oberseebaches und die Salletalpe zu mit einer ausgedehnten Untiefe endet. Westlich von der letzteren setzt sich die Tiefenmulde des Sees längs des westlichen Ufers mit einem, wie es scheint, ziemlich gleichmässigen Ansteigen von 6—7°, aber durch die an Breite zunehmende Untiefe immer mehr eingeengt, bis zum südlichsten Uferpunkte des Sees fort.

Es ist bereits erwähnt worden, dass der Grund des ganzen Seebeckens sowohl in dem unteren als auch in dem oberen Abschnitte verhältnissmässig geebnet erscheint; nirgends stiess der Verfasser bei Durchmessung der Querprofile auch nur auf eine einzige ähnliche Felskuppe, wie jene der Insel Christlieger, oder auf eine locale Schuttablagerung, wie etwa die einer Stirnmoräne oder eines Bergbruches, überall zeigte sich gegen die Mitte zu immer wieder dieselbe regelmässige Ausgleichung des ursprünglich gewiss höchst unebenen Seebodens durch die Schlammsedimente ungezählter Jahrtausende.

Die einzige Unregelmässigkeit, welche sich in der Gestaltung des Seegrundes geltend macht, besteht darin, dass der

Punkt grösster Tiefe der einzelnen Querprofile fast nie in die Mitte derselben fällt, sondern bald dem einen, bald dem andern Ufer genähert ist. So findet er sich, wie schon gesagt wurde, durch die Schuttkegel des Königs- und Kesselbaches nahe an die westliche Beckenwand hingedrängt, während er zwischen den beiden Schuttkegeln dem Ostufer, dagegen südlich vom Kesselbach wieder mehr dem Westufer genähert erscheint. Die mächtige Alluvialablagerung des Eisbaches dagegen drängt wieder die Linie der grössten Tiefe plötzlich gegen die östliche Beckenwand, an welcher sie noch weit über den Schrainbachquerschnitt verbleibt, bis die weite Untiefe der südöstlichen Bucht an der Salletalpe sie wieder gegen den Westrand hinschiebt. In Folge dieser wiederholten Ablenkungen von der Mittellinie des Sees verlängert sich auch die mehrfach gekrümmte Tiefenlinie auf 8200 Meter, während auf die gerade Längenerstreckung des ganzen Sees nur 7750 Meter entfallen.

Die Zahl der vorgenommenen Messungen reichte aus, nicht nur eine hinlänglich genaue Berechnung der mittleren Tiefen der einzelnen Querprofile, sondern auch eine wenigstens annähernde Bestimmung der mittleren Tiefe und des cubischen Inhaltes sowohl der beiden Abschnitte wie des ganzen Sees zu ermöglichen [1]. Einige der gefundenen Zahlen mögen hier ihre Stelle finden.

	Mittlere Tiefe in Meter	Verhältniss der mittleren Tiefe zur		Inhalt in Millionen	
		mittleren Breite	Länge	Cub. Mtr.	Wiener Cub. Fuss
Unterer Abschnitt.	115·0	1 : 6·0	1 : 46	420	13,300
Oberer Abschnitt.	57·0	1 : 10·2	1 : 43	82	2,596
Der ganze See	98·5	1 : 6·7	1 : 79	502	15,896

[1] Der Flächeninhalt der Querprofile wurde auf graphischem Wege ermittelt, die mittlere Tiefe der beiden Abschnitte, wie des ganzen Sees mittelst Division der Summe der Flächeninhalte aller zugehörigen Querprofile durch die Summe ihrer Längen, der cubische Inhalt endlich durch Multiplication des Flächenraumes mit der mittleren Tiefe gefunden.

Um einen Vergleichsmassstab für die Grösse des cubischen Inhaltes des in Rede stehenden Sees an die Hand zu geben, möge die Angabe dienen, dass, wenn der letztere etwa die Bestimmung bekäme, Wien ganz und gar mit Wasser zu versorgen, und der tägliche Bedarf dieser Stadt zwei Millionen Cub.-Fuss betrüge, seine Gesammtwassermenge ohne weiteren Zufluss allein schon ausreichen würde, um jenen Bedarf durch nahe 22 Jahre vollständig zu decken.

Gleichwie im Königssee, beabsichtigte der Verfasser auch in dem nahen Obersee Tiefen- und Temperaturmessungen vorzunehmen. Leider hinderte ein von heftigem Winde begleitetes Unwetter die Ausführung der letzteren. Indess war es wenigstens möglich geworden, durch 25 in drei Querlinien und einer Längslinie stattgefundene Peilungen ein beiläufiges Bild des ganzen Seebeckens zu gewinnen. Die Hauptresultate dieser Messungen mögen hier kurz angedeutet werden.

Der 1350 Mtr. lange und 400—500 Mtr. breite Obersee, von dem um 9—10 Mtr. niedriger gelegenen Königssee nur durch einen circa 600 Mtr. langen, mässig ansteigenden, aus theilweise hügelartig zusammengehäuften Schuttmassen gebildeten Thalgrund geschieden, stellt ein gegen die Mitte zu gleichfalls regelmässig geebnetes Becken dar, welches von seinem unteren Ende (Schiffhütte) sich unter einem Winkel von 20° gegen den Grund einsenkt, in dem oberen Auslaufe nächst der Fischunkelalpe dagegen, ähnlich wie der Königssee, mit einer verhältnissmässig ziemlich ausgedehnten Untiefe schliesst.

Wie bei dem letzteren, finden sich auch hier wieder, entsprechend der Schroffheit der beiderseitigen Thalbegrenzung, steil abstürzende Beckenwände von ansehnlicher Tiefe. So ergab die Sonde längs der Kaunwand in einer Entfernung von 10—15 Met. vom Ufer schon Tiefen von 30—37 Mtr. und ebenso zeigte sich unter einer steilen Uferwand der südlichsten Ausbuchtung des Sees ein Abgrund von 30 Mtr. Tiefe in geringem Abstande vom Seerande. Was aber den tiefsten Punkt (51·5 Mtr.) betrifft, welcher ergründet wurde, so liegt derselbe beiläufig 260—280 Mtr. von der Schiffhütte am unteren Ende ab und fällt so ziemlich in die Längslinie des Sees. Von da an findet innerhalb der letzteren auf eine Strecke von beiläufig 600 Mtr.

nur eine Tiefenabnahme von 51·5 bis auf 50·0 Mtr. statt und erst im weiteren Verlaufe gegen die Fischunkelalpe zu erhebt sich der Seeboden immer rascher bis zu der oben erwähnten Untiefe.

Abgesehen von den wechselnden Böschungswinkeln, unter welchen die Seiten des Beckens gegen den Grund einfallen, stiess der Verfasser nirgends auf eine nur halbwegs merkbare Unregelmässigkeit in der Ebnung des Bodens. Weder von Gruben und Furchen, von welchen die Schiffer wissen wollten, noch von Haufwerken Schuttes, wie sie das untere Ende des Sees säumen, konnte auch nur das Geringste wahrgenommen werden.

Die hochalpine Umwallung der tiefen Gebirgsspalte, in welche der Königssee und Obersee eingebettet sind, lässt es als unzweifelhaft erscheinen, dass das Thal während der Eiszeit von einem mächtigen Gletscher ausgefüllt gewesen war. In der That sind auch die gewaltigen Blöcke, welche am Wege zum Königssee mitten aus üppigem Wiesengrün auftauchen, sowie die ausserhalb der Seeklause über den Thalgrund verbreiteten Haufwerke von theilweise deutlich abgerundeten Felstrümmern und Schutt kaum zu verkennende Zeugen vom einstigen Vorhandensein eines derartigen Gletscherstromes. Auch jene Schuttaufhäufungen, welche die Abdämpfung zwischen dem Königssee und dem unbedeutend höher gelegenen Obersee bilden, haben wenigstens in der Nähe des letzteren ganz das Aussehen eines durch spätere Wasserspülung in regellos gruppirte Hügel aufgelösten Moränenwalles. Dagegen sucht man an den die beiden Seen begrenzenden Uferhängen vergeblich nach irgend welchen sicheren Anzeichen von Glacialerosion. Nicht die geringste Spur eines Gletscherschliffes vermochte der Verfasser an den umliegenden Felswänden zu entdecken. Auch deren Fortsetzung unter dem Wasserspiegel zeigt, so weit das Auge sie nach der Tiefe zu verfolgen vermag, überall dieselbe kantig eckige Bruchbildung und Zerklüftung, wie über dem Wasser. Vielleicht noch befremdender aber dürfte für Diejenigen, welche an der Ansicht festhalten, dass nicht allein die Existenz der jetzigen Alpenseen, sondern auch die Erweiterung und Vertiefung der Alpenthäler zum guten Theile der erodirenden Thätigkeit einst vorhandener Riesengletscher zuzuschreiben sei, die Thatsache erscheinen, dass weder an der aus der Untiefe auf-

steigenden Felsinsel Christlieger, noch an dem bedeutend höheren Felskogel, welcher hart am unteren Ende des Sees aus dem Thalboden sich erhebt, irgend eine sichere Spur von Gletscherschliffen aufzufinden ist.

Ausser den bisher angeführten Messungen sollten auch Grundproben aus verschiedenen Tiefen des Königssees ausgehoben werden. Leider wurde diese für den letzten Tag aufgesparte Arbeit durch dasselbe Unwetter, welches bereits zum Abbruche der Untersuchungen im Obersee genöthigt hatte, derart beeinträchtigt, dass der Verfasser für diesmal auf eine befriedigende Ausbeute verzichten musste. Zunächst scheiterten wiederholte, durch den hohen Wellengang noch erschwerte Versuche, aus der Gegend der grössten Tiefe des unteren Abschnittes etwas zu Tage zu fördern, vollständig; der Grundschlamm zeigte sich hier so fein, leicht und wenig cohärent, dass er jedesmal, trotz sehr langsamen Aufwindens durch den starken Gegendruck des Wassers aus dem Schöpftrichter herausgeschwemmt wurde[1]. Erst bei einer Annäherung von beiläufig 300 Mtr. an die Ausmündung des Königsbaches gelang es, aus der Tiefe von 150 Mtr. eine ziemliche Quantität zu gewinnen. Hier enthielt der nach dem Trocknen gelblichgrau erscheinende Schlamm schon eine ziemlich reichliche Beimengung feiner Sandtheilchen und selbst einzelne, durchgehends noch eckige Gesteinsfragmente bis zu $1^1/_2$ Ctm. grössten Durchmesser. Von den beigemengten Pflanzentheilen — häuptsächlich Blätter, Nadeln, Bruchstücke von Ästchen und Holzsplitter — zeigten sich namentlich die ersteren fast ausnahmslos bräunlichschwarz gefärbt, also in jener Form der Zersetzung begriffen, welche auch die in den erdigen Schichten jüngerer Braunkohlenlager eingebetteten Pflanzenreste wahrnehmen lassen.

Eine zweite Grundprobe wurde in der Nähe der Falkensteinwand aus einer Tiefe von 75 Mtr. heraufgeholt. Dieselbe zeigte sich viel feinerdiger und cohärenter wie die erstere. In

---

[1] Bei dem Gmundner See konnte der Verfasser aus der Tiefe von 190 Mtr. ohne Schwierigkeit mit demselben Apparate jedesmal ziemliche Mengen des gleichfalls äusserst feinen, aber verhältnissmässig schweren und consistenten Schlammes zu Tage fördern.

Bezug auf die Farbe ist zu bemerken, dass in die dunkel-gelblich-graue Hauptmasse rein ockerfärbige Partien eingeschlossen sind, um welche sich eine heller graue Schichte von ungleicher Dicke lagert. Eine derartige Verschiedenheit der Färbung gehört übrigens durchaus nicht zu den Seltenheiten; sie wurde im Gegentheile von dem Verfasser an dem Schlamm der verschiedensten Tiefen in den Seen Oberösterreichs häufig beobachtet. So brachte namentlich an mehreren Stellen des Hallstätter Sees der Schöpftrichter aus Tiefen von 100—120 Mtr. wiederholt Grundproben zu Tage, wo der meist dunkelgrauen Hauptmasse hellgraue, ockerige und wieder fast völlig schwarze (nach dem Trocknen aber sich entfärbende) Partien beigemengt waren. Die schwärzlichen Theile schienen, nach der Lage im Trichter zu schliessen, am Grunde des Sees die oberste Schichte gebildet zu haben. Es ist nicht zu zweifeln, dass bei dieser Verschiedenfärbigkeit des Schlammes der Zersetzungsprocess local ein- und aufgelagerter organischer Substanzen die Hauptrolle spielt, indem derselbe auch auf die umgebenden erdigen Theile rückwirkt und sie in ihrer chemischen Constitution partiell verändert. Unwillkürlich wird man bei dem Anblick derartig beschaffener Grundproben an die so häufig vorkommenden ocker- und bolusfärbigen Massen erinnert, welche theils in grösseren oder kleineren unbestimmt begrenzten Partien, oder als Umhüllung, wohl auch als Ausfüllung organischer Formen regellos zerstreut in den Schichten der grauen Alpenkalke auftreten, oder aber die petrefactenreichen Zwischenlagerungen in den letzteren bilden.

Die dritte Grundprobe, der Untiefe nächst der Insel Christlieger entnommen, zeigt die gleiche Beschaffenheit wie die Sedimente aus den Untiefen der oberösterreichischen Seen; eine nach dem Trocknen hellgraue, stellenweise nahezu weisse, in kleinen Partien dagegen auch wieder ziemlich dunkle Färbung, eine lockere Beschaffenheit und relativ geringes Gewicht, ausserdem einen reichen Gehalt an organischen Resten, insbesondere Schalen und Schalenfragmenten von Conchylien, dann Bruchstücke von Wasserpflanzen, hauptsächlich von Characeen.

Ob in dem Schlamme des Königssees auch Diatomaceen enthalten sind, wird erst eine spätere eingehende Untersuchung ergeben.

Zum Schlusse möge noch einer Hypothese gedacht werden, welche trotz ihrer handgreiflichen Grundlosigkeit sich immer wieder in die verschiedenen Beschreibungen des Königssees verirrt, es ist die Hypothese, dass der den Gollingfall bildende Schwarzenbach ein durch das sogenannte Kuchlerloch stattfindender Partialabfluss des Königssees sei. Man glaubt diese Annahme hauptsächlich auf den Umstand stützen zu können, dass, wenn nach länger anhaltender Dürre der Spiegel des Königssees unter das Niveau des Kuchlerloches sinkt, wie dies in den Jahren 1823 und 1866 geschah, auch der Gollinger Fall versiegt. Nun muss vor allem bemerkt werden, dass die ganze Configuration des zwischenliegenden Gebirges eine unterirdische Verbindung zwischen dem Kuchlerloch und dem Ursprung des Schwarzenbaches höchst unwahrscheinlich macht, und dass das umliegende Aufsammlungsterrain vollkommen ausreicht, um dem letzteren jene Wassermasse zuzuführen, welche durch den Gollingfall zu Tage gefördert wird. Dass, wenn der Königssee nach lange anhaltender Trockenheit in Folge des Ausbleibens der Zuflüsse auf einen ungewöhnlich tiefen Stand herabsinkt, auch das speisende Geäder des Schwarzenbaches und mit ihm der letztere selbst versiegt, ist eine zu natürliche Erscheinung, als dass sie erst mit dem Trockenliegen des Kuchlerloches in Verbindung gebracht werden müsste. Ein noch schlagenderes Argument gegen jene Hypothese sind jedoch die Wärmeverhältnisse des Königssees und des Schwarzenbaches. Während der erstere in seinen obersten Schichten alljährlich vom Sommer zum Winter zwischen den Gränzen von 15—16° C. und einer dem Gefrierpunkte mehr oder weniger nahestehenden Temperatur auf- und abschwankt, entfernt sich der Schwarzenbachursprung, analog allen mächtigeren Kalkalpenquellen in ähnlichen Niveau's, von seiner 5·5—6·0° C. betragenden Mitteltemperatur nur um einige Zehntelgrade. Empfinge der letztere selbst auch nur einen Theil seiner unterirdischen Zuflüsse aus dem Königssee, so müsste jedenfalls seine Temperatur ungleich stärkeren Variationen unterworfen sein, als dies in Wirklichkeit der Fall ist.

Die Eisverhältnisse der Donau im Lande Österreich ob und unter der Enns in den Jahren 1868/9 bis 1872/3.

Dargestellt

von **Karl Fritsch,**

em. Vice-Director d. k. k. Central-Anstalt f. Met. u. E. und correspondirendem Mitgliede der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften.

(Mit 2 Tafeln.)

Mein letzter Bericht über die Eisverhältnisse der Donau bezog sich auf die Vorgänge in den Jahren 1864/5 bis 1867/8.[1] Seitdem sind wieder fünf Jahrgänge der Beobachtungen von den Donaustationen eingelaufen, über welche bisher noch keine Nachricht gegeben worden ist.

Diese Verzögerung hat einen mehrfachen Grund. Zunächst wurde sie durch meine Übersiedlung von Wien nach Salzburg hervorgerufen, welche mich, mindestens zum Theile, in einen anderen Kreis meiner Thätigkeit versetzte. Auch waren für das Jahr 1867/8 in Folge der Reichstheilung die letzten Beobachtungen von den ungarischen Stationen eingelaufen, weshalb ich in den folgenden Jahren nur noch über die Beobachtungen von Österreich ob und unter der Enns verfügen konnte, wodurch das von mir zu entwerfende Bild der Eisverhältnisse wesentlich beeinträchtigt werden musste.

Hiezu kam noch, dass ich über den praktischen Werth meiner Berichte in Zweifel blieb, obgleich sich zur Lösung desselben in den letzten Jahren so manche günstige Gelegenheit ergab, wie bei der Regulirung des Donaubettes, der

---

[1] Die früheren Berichte sind enthalten im XVIII. und XXIII. Bande der Denkschriften und im XV., XLVI., LV., LVII. und LVIII. Bande der Sitzungsberichte der k. Akad. d. Wiss.

Absperrung des Canals gegen die eindringenden Eismassen des Donaustromes bei Wien und bei den alljährlich wiederkehrenden Präventivmassregeln gegen die Überfluthungen in Folge der Eisverhältnisse.

Da mir jedoch die Beobachtungen über die Eisverhältnisse der Donau wie in den früheren Jahren von Herrn Hofrath Dr. Karl Jelinek anvertraut worden waren, so hielt ich es für meine Pflicht, mit der Zusammenstellung und Besprechung der Beobachtungen nicht länger mehr zu zögern.

Die Donaustationen der k. k. Wasserbau-Ämter, von welchen dem gegenwärtigen Berichte Beobachtungen zu Grunde liegen, sind nach dem Stromlaufe geordnet, die folgenden:

Aschach	Höflein
Linz	Kuchelau
Grein	Nussdorf
Struden	Floridsdorf
Ybbs	Fischamend
Arnsdorf	Regelsbrunn
Stein	Hainburg
Zwentendorf	—
Tulln	Schlosshof.
Greifenstein	

Die Station Schlosshof liegt nahe der Mündung der March in die Donau, und ist daher nur eine mittelbare Donaustation.

Von den meisten dieser Stationen liegen Beobachtungen für alle vier Jahrgänge vor.

Ausnahmen sind: Grein, welches nur für 1871/2 einsendete, für welches Jahr hingegen wieder Beobachtungen von Struden fehlen; Greifenstein, welches nur für 1870/1, Kuchelau, welches nur für 1870/1 und 1871/2 einsendete. Von Floridsdorf sind die Beobachtungen für 1868/9, von Höflein für 1870/1 abgängig.

Die Beobachtungen beziehen sich wie früher auf die Eismenge, den Wasserstand und die Lufttemperatur, zum Theile auch auf die Dicke des Eises und die Stromgeschwindigkeit.

Die Eismengen und Wasserstände sind durchgehends graphisch dargestellt, und zwar für jeden Tag der Eisperiode. Für

die übrigen Elemente: Temperatur, Eisdicke und Geschwindigkeit, sind die Beobachtungsdaten an den betreffenden Tagen in den graphischen Darstellungen blos mit ihren numerischen Werthen eingetragen.

Ausser diesen graphischen Darstellungen wurden von einigen Stationen auch noch Entwürfe der Stromprofile eingesendet, so von Aschach und Linz für 1868/9 und 1871/2, von Grein und Werfenstein für alle vier Jahrgänge.

Die Beobachtungen, Darstellungen und Pläne sind zu danken, in

Aschach: Herrn Bau-Adjuncten Johann Enzenhofer von der dortigen k. k. Strombauleitung;

Linz: 1868/9 dem Herrn Bau-Adjuncten Hofer vom technischen Departement der k. k. Statthalterei, in den übrigen Jahren Herrn Bolland von der k. k. Stromaufsicht in Linz;

Grein und Struden: dem Herrn Ingenieur der dortigen k. k. Strombauleitung und dem Herrn Stromaufseher F. Oliwa;

Ybbs, Arnsdorf, Stein und Zwentendorf: für 1868/9 dem k. k. Donau-Districtsamte und in den übrigen Jahren dem Bauamte der k. k. Bezirkshauptmannschaft in Krems;

Tulln, Höflein und Nussdorf, dann Greifenstein und Floridsdorf: dem k. k. Donau-Districtsamte in Wien, welchem 1868/9 Herr Gottlieb Jänner, in den übrigen Jahren Herr J. Torcigliani vorstand;

Fischamend, Regelsbrunn, Hainburg, Schlosshof: dem k. k. Donau-Districtsamte in Fischamend, dessen Vorsteher in den beiden ersten Jahren Herr G. Ptak, in den beiden letzten Herr J. G. Felger war.

Es lassen sich demnach nach den leitenden Organen sechs Gruppen von Stationen unterscheiden, wodurch die Form der Darstellung, wenn auch in der Regel nicht im Wesentlichen, Modificationen erlitten hat. Insbesondere beziehen sich diese Abweichungen auf die Angaben über Dicke des Eises und Stromgeschwindigkeit, welche ich daher von der allgemeinen Übersicht ausgeschlossen habe.

Diese Übersicht besteht in drei Tafeln: 1. für die Eismenge, 2. für die Temperatur, 3. für den Wasserstand.

In diesen Tafeln sind die Werthe dieser drei Elemente nicht für Tage, sondern für einzelne Pentaden ersichtlich.

Es sind dieselben, wie die von Dove mit so grossem Erfolge in seinen Darstellungen der Geschichte der Witterung verwertheten, für welche sie daher von nun an als ein neuer Beitrag angesehen werden können.

In der Tafel für die Eismenge sind die Percente der Strombreite ersichtlich, welche das Eis einnahm, bei welcher Bestimmung an den Stationen kein gleiches Verfahren stattgefunden zu haben scheint, insoferne an einer blos das Treibeis, an der andern auch das Standeis, welches gewöhnlich schon bei der ersten Bildung des Treibeises die Ufer einsäumt, berücksichtigt worden sein dürfte. Dieser Saum von Ufereis ist jedoch insoferne von geringerer Bedeutung, als er für sich allein nie eine geschlossene Eisdecke des Stromes zur Folge hat, da sich diese in der Regel nur aus Treibeis bildet. In den Pentaden mit ganz geschlossener Eisdecke ist die Eismenge mit 100 angegeben. Jene Pentaden, in welchen es nur vorübergehend zu einer geschlossenen Eisdecke kam, die Eismenge daher <100 ist, sind mit † bezeichnet.

Die in der zweiten Tafel enthaltenen Temperaturangaben für 8 Uhr Morgens entsprechen daher nahezu den täglichen Minimis. Die Pentaden mit Treibeis sind mit einem Punkte (•), jene mit geschlossener Eisdecke mit einem Sternchen (*) bezeichnet. Der Vergleichbarkeit mit den früheren Jahrgängen wegen ist die Scala nach Réaumur beibehalten, nach welcher übrigens auch die Beobachtungen angestellt sind.

In der dritten Tafel, welche die mittleren Wasserstände enthält, sind die Pentaden in ähnlicher Weise, wie für die Temperatur bezeichnet. So wie früher, sind die Wasserstände jetzt noch in Wiener Fuss und Zoll angegeben.

Aus diesen drei Tafeln lässt sich Folgendes entnehmen.

Winter 1868/9.

Die Eisbildung blieb an allen Donaustationen auf die Zeit vom 16.—30. Jänner beschränkt, der Eisabgang dauerte bis

9. Februar und stellte sich nur auf der Strecke von Aschach bis Linz, bedeutender auf jener von Nussdorf bis Hainburg ein.

Zu einer geschlossenen Eisdecke kam es aber auch nur an den beiden Wien am nächsten gelegenen Stationen Nussdorf und Fischamend; es blieb jedoch dieselbe auf die letzte Pentade des Jänner beschränkt, abgesehen von einzelnen Tagen unmittelbar vor- und nachher.

Die auffallend geringe Eismenge bei Regelsbrunn und Hainburg ist Folge der ganz geschlossenen Eisdecke bei Fischamend, welche den Zuzug von Treibeis aufhob.

Auf der March bei Schlosshof trat schon vom 22. November bis 1. December beträchtliche Eisbildung ein, eine länger dauernde vom 16. Jänner bis 4. Februar, der Abzug des Eises erfolgte vom 5.—14. Februar. Vom 21. Jänner bis 4. Februar war der Fluss ununterbrochen, und auch noch einige Tage früher und nachher mit Eis ganz bedeckt.

Die mittlere Temperatur der Pentaden mit Treibeis an den Donaustationen war zwischen —3°2 und —13°2, jene der Pentaden mit Eisgängen —0°1 bis +2°2.

Während der Treibeisperiode zeigt sich an allen Stationen eine continuirliche Abnahme des Wasserstandes, wenn dieselbe auch nicht als Wirkung der Treibeisbildung, sondern des Überganges von Regen in Schnee anzusehen ist.

In Nussdorf, wo sich der Eistrieb stellte und eine geschlossene Eisdecke zu Stande kam, zeigt sich eine bedeutende Erhöhung des Wasserstandes durch Stauung, welche indessen bei Fischamend, der nächsten stromabwärts gelegenen Station, wo sich der Stoss wahrscheinlich nur auf dem Nebenarme der Donau ebenfalls stellte, nicht stattfand, weil das Wasser durch den Hauptarm den Abzug gefunden haben dürfte. Es stellte sich sogar eine Abnahme des Wasserstandes ein, welche viel bedeutender noch an der nächst folgenden Station Regelsbrunn ist, und zum Theile wenigstens der Stauung des Stromes bei Nussdorf und im Canale bei Wien zuzuschreiben ist.

Auf der March bei Schlosshof ist diese Stauung kaum merklich, weil das Flusswasser unter der Eisdecke den Abzug findet, welche bei der langsamen Strömung bei weitem nicht die Mächtigkeit wie auf der Donau erreicht, weil die schwimmenden

Eisflarden nicht unter die bereits gebildete Eisdecke geschoben werden können. Beim Eisgange auf der Donau, obgleich derselbe zum Theile durch Thaufluthen veranlasst ist, erreicht der Wasserstand in der Regel nicht die Höhe der Stauung bei der Eisstellung.

Nach der graphischen Darstellung stellte sich der Stoss in Nussdorf vom 25.—26. Jänner und ging vom 2.—3. Februar wieder ab. Am 25. Jänner war der tiefste Wasserstand während der ganzen Eisperiode mit 2′ 10″ unter Null, während der Stand am 28. 5′ 7″ und am 31. 7′ 10″ über Null war, welcher bis 3. Februar in Folge des Eisabzuges wieder bis auf 1′ 2″ unter Null abnahm.

Bei Fischamend, wo sich der Stoss vom 24.—25. Jänner stellte, fand gleichzeitig eine Erhöhung des Wasserstandes von 0′ 8″ unter Null auf 2′ 0″ über Null statt; während aber der Stoss in der höher gelegenen Station Nussdorf zum Stehen kam, fiel das Wasser wieder bis auf 1′ 4″ unter Null, obgleich der Stoss bei Fischamend bis 3. Februar stehen blieb. Es fand während dieser ganzen Zeit nur eine allmälige Erhöhung bis auf 1′ 0″ über Null statt.

Winter 1869/70.

In diesem Winter nahm die Eisbildung grössere Dimensionen an, als in dem vorigen.

Spuren von Treibeis zeigten sich bei Aschach schon vom 2.—6. December. Mehr Treibeis stellte sich ein vom 27.—31., aber nur auf der Strecke von Aschach bis Struden, noch mehr und an allen Stationen vom 1.—5. Jänner.

In den folgenden drei Pentaden verschwand das Treibeis fast gänzlich [1], stellte sich aber vom 21.—25. Jänner wieder an mehreren Stationen ein; vom 26. Jänner bis 9. Februar zeigte es sich an allen Stationen in grösserer Menge. In der letzten dieser drei Pentaden stellte sich der Stoss zu Aschach, Struden, Stein und auf der ganzen Strecke von Tulln bis Fischamend, bei

[1] Bei Stein bezieht sich die Eismenge vom 6.—25. Jänner nur auf einen Saum von festem Ufereis — nicht auf Treibeis.

Zwentendorf erst vom 10. Februar an, und blieb, abgesehen von Aschach und Stein, an allen genannten Stationen bis 1. März stehen, nur bei Struden dauerte dies blos bis 19. Februar. Bei Stein wiederholte sich die Eisstellung in den Pentaden vom 15. bis 24. Februar zweimal.

Erst vom 2.—6. März ging das Eis auf der Strecke von Zwentendorf bis Hainburg ab, während dies an den Stationen im Oberlaufe fast schon in der Zeit vom 10.—24. Februar der Fall war.

Auf der March bei Schlosshof stand das Eis vom 5. Februar bis 6. März ohne Unterbrechung, und war der Eisgang erst mit der Pentade vom 7.—11. März zu Ende.

Der Eisstoss kam auf der Donau erst zum Stehen, nachdem die mittlere Temperatur einer Pentade auf —9°6 bis —15°4 gesunken war. Auf der March bei Schlosshof war die Temperatur der vorhergehenden Pentade nur —8·4.

Die Erhöhung des Wasserstandes bei der Eisstellung durch Stauung, so weit sie in den fünftägigen Mittelwerthen zu erkennen ist, zeigt sich wieder an allen Stationen, Fischamend ausgenommen, hier wahrscheinlich wieder nicht, aus der im vorigen Winter angeführten Ursache. Das erwähnte bedeutende Phänomen der Stauung des Stromes, welches eine so wichtige Rolle spielt, will ich daher wieder einer specielleren Betrachtung mit Hilfe der graphischen Darstellungen unterziehen.

Bei Aschach ist die Eismenge am 7. und 8. Februar mit 100 angegeben, man könnte daher vermuthen, es habe vom 6.—7. die Eisstellung stattgefunden, welche also ausnahmsweise nicht nur mit keiner Erhöhung des Wasserstandes, sondern, wie Herr Enzenhofer bemerkt, mit einem jähen Fallen des Wassers verbunden war, wenn auch in Folge der Stossbildung in Baiern. Auch wird noch weiter bemerkt, dass das öftere Eintreten neuen Treibeises durch die Flüsse „grosse und kleine Mühl- befördert werde, welche schon bei geringer Kälte Treibeis in die Donau führen.

Bei Struden erfolgte die Eisstellung vom 8.—9. Februar: das Stauwasser trat schon Tags zuvor ein, indem das allmälige langsame Fallen des Wassers vom 7.—8. durch ein Steigen von 10″ unter Null auf 4·2″ über Null unterbrochen worden ist.

Bei dieser Wasserhöhe blieb es unter Schwankungen bis 14., an welchem Tage der Stand 3′ 2″ über Null war. Nun trat wieder eine allmälige, vom 16.—17. eine rasche Steigerung ein, welche den Wasserstand auf 8′ 6″ über Null brachte. Obgleich der Stoss erst vom 19.—20. abzog, sank das Wasser dennoch schon vom 17.—18. auf den Nullpunkt herab.

Offenbar waren die Vorgänge in den nahen Profilen stromabwärts hierauf von Einfluss, und erstreckte sich die Wirkung des Stauwassers über Struden herauf. Die Stromgeschwindigkeit, welche daselbst am 5. Februar noch 3′ 9″ betragen hatte, nahm bis 8. auf 2′ 0″ ab, am 11. und 17. schien das Wasser ganz still zu stehen.

Die Vorgänge bei Stein und Zwentendorf überschreiten so sehr das gewöhnliche Mass, und sind zugleich so lehrreich, dass ich es angezeigt fand, die graphischen Darstellungen derselben beizuschliessen, auf welche zu verweisen ich mich daher beschränken darf.

Bei Tulln erfolgte die Eisstellung vom 8.—9. Februar, der Wasserstand erhob sich binnen 24 Stunden von 2′ 10″ unter auf 1′ 4″ über Null. So lange der Stoss stand, blieb die Wasserhöhe zwischen 1′ 1″ und 2′ 7″ über Null, und schon vor dem Abzuge des Stosses vom 2.—3. März war das Wasser wieder auf 0′ 3′ über Null gesunken.

Bei Höflein stellte sich der Stoss ebenfalls vom 8.—9. Februar, wie an der vorigen Station, blieb aber einen Tag länger stehen. Bei der Eisstellung fand nur eine Erhöhung des Wasserstandes von 2′ 2″ unter Null auf 0′ 8″ über Null statt, welche sich aber, so lange der Stoss stand, stufenweise steigerte, bis 15. auf 2′ 4″, bis 23. auf 3′ 0″ und bis 2. März sehr rasch auf 6′ 8″ über Null. Während aber der Stoss vom 3.—4. März abzog, sank der Stand wieder rasch auf 0′ 2″ unter Null herab.

In Nussdorf stellte sich der Stoss einen Tag früher als an der vorigen Station, die Zeit des Abganges ist übereinstimmend dieselbe.

Die Steigerung des Wasserstandes bei der Eisstellung war bedeutender, von 2′ 2″ unter auf 3′ 5″ über Null, die Erhöhung, so lange der Stoss stand, mehr constant, indem der Wasserstand nur zwischen 3′ 0″ und 5′ 4″ über Null schwankte.

In Floridsdorf waren die Verhältnisse nahe dieselben, wie an der vorigen Station, wie schon nach der grossen Nähe beider Stationen erwartet werden kann. Der Stoss ging jedoch $^1/_2$ Tag früher ab, nachdem sich der Wasserstand binnen 24 Stunden um 3′ 1″ gehoben hatte.

An der nächsten stromabwärts gelegenen Station Fischamend stellte sich der Stoss einen Tag früher als an den beiden früher genannten.

Die Erhöhung des Wasserstandes zur Zeit der Eisstellung beträgt nur 1′ 8″ (von —0′ 7″ bis +1′ 1″). In den ersten drei Tagen nach der Eisstellung verlor sich das anfängliche Stauwasser wieder gänzlich, stellte sich aber hierauf wieder ein und erhöhte den Wasserstand bis 2. März allmälig auf 1′ 10″ über Null. Vor dem Abgange des Stosses am folgenden Tage fand eine rasche Steigerung auf 3′ 4″ über Null statt.

Winter 1870/1.

In diesem Winter erreichten die Eisbildungen noch grössere Dimensionen als in dem vorigen.

Nach einer Vorperiode mit Treibeis vom 2.—11. und an den Stationen von Stein abwärts erst vom 7.—11. December trat an allen Stationen in der Pentade vom 22.—26. December die Hauptperiode der Eisbildung ein, welche an den Stationen im Oberlaufe von Aschach bis Zwentendorf erst in der Pentade vom 15.—19., an den übrigen vom 20.—24. Februar zu Ende ging. Doch war in der Zwischenzeit vom 21.—30. Jänner der Eistrieb nur ein spärlicher, während der Strom auf der Strecke von Floridsdorf abwärts mit Eis bedeckt blieb.

Von Regelsbrunn abwärts erfolgte die Eisstellung schon vom 11.—15., auf der Strecke bis Greifenstein aufwärts vom 16.—20. Jänner, war jedoch beziehungsweise nur von Fischamend und Floridsdorf abwärts von Dauer.

In Nussdorf wiederholte sich die Eisstellung vom 31.—4. Februar und ging nun in eine dauernde über.

Vom 5.—9. Februar stellte sich der Stoss zum zweiten Male und wieder nur vorübergehend bei Kuchelau, in der folgenden

Pentade zum dritten Male. Die Eisstellung erhielt sich dann auch noch vom 15.—19. Februar.

Vom 10.—14. Februar wiederholte sich die Eisstellung bei Greifenstein, und erhielt sich auch in der folgenden Pentade. Vom 10.—14. Februar stellte sich der Stoss vorübergehend und zum ersten Male bei Aschach und Linz.

Bei Tulln, wo der Eisdurchzug bisher noch ungehemmt erfolgte, blieb der Stoss erst vom 15.—19. Februar stehen.

Auf der Strecke von Aschach bis Zwentendorf erfolgte der Eisgang vom 15.—19., auf jener von Tulln bis Hainburg vom 20.—24. Februar.

Die March trieb bei Schlosshof vom 2.—21. December Eis, und blieb dann bis 24. Februar mit Eis bedeckt, welches in der folgenden Pentade abzog.

Obgleich in jener vom 22.—26. December die Temperatur auf —5°8 bis —11°8 gesunken war, so stellte sich des hohen Wasserstandes wegen der Eisstoss nur auf der March und an keiner Donaustation. Es geschah dies erst vom 11.—20. Jänner nach relativ höheren Temperaturen von —4°8 bis —8°5, und nachdem fast einen Monat hindurch tiefe Temperaturen angehalten und der Wasserstand hinreichend abgenommen hatte.

Der allgemeine Abgang des Eises erfolgte bei Temperaturen von +1°8 bis +6°0.

In Aschach bewirkte die einen Tag dauernde Stellung des Stosses vom 10.—11. Februar eine Erhöhung des Wasserstandes von 3′ 7″ auf 5′ 7″. [1]

In Linz, wo der Eisstoss am 11. und 12. Februar stehen blieb [2], stieg der Wasserstand von 2′ 7″ auf 5′ 7″.

Da aber in der Pentade vom 10.—14. Februar an allen Stationen in Ober- und Nieder-Österreich eine bedeutende Erhöhung des Wasserstandes eintrat, ohne dass, abgesehen von den beiden angeführten Stationen, eine wesentliche Änderung

---

[1] In der graphischen Darstellung wird blos bemerkt: „Am 11. Feb. von 8 U. Morg. bis gegen Mitternacht passirte hier der Eisstoss der oberen Donau".

[2] In der graphischen Darstellung steht die Bemerkung: „Am 11. und 12. passirte der Eisstoss der oberen Donau und des Inn".

in den Eisverhältnissen eintrat, so muss man wohl die rasche Eiszunahme bei Aschach und Linz auf Rechnung eines durch eine Thaufluth in den oberen Donaugegenden bewirkten Eisganges setzen, obgleich die mittlerern Temperaturen vom 5.—9. Februar an den (abwärts gelegenen) Donaustationen noch zwischen —1°6 und —5°2 liegen.

Von den übrigen stromabwärts folgenden Stationen war es erst Tulln, wo es zu einer Stellung des Stosses kam. Vom 14. bis 15. Februar, als diese eintrat, erhob sich der Wasserstand von 2′ 5″ auf 9′ 0″ über Null und erreichte am folgenden Tage mit 9′ 10″ das Maximum, sank aber dann wieder, so lange der Stoss stand, fortwährend, und nachdem dieser am 20. abgezogen war, bis auf 0′ 10″ unter Null herab.

Bei Greifenstein, wo sich der Stoss schon vom 12.—13. Februar stellte, nahm der Wasserstand gleichzeitig von 1′ 8″ bis 10′ 6″ zu, sank bis 15. auf 6′ 0″, erhob sich bis 18. wieder auf 8′ 8″, und sank nach dem Abzuge des Stosses am 22. auf 2′ 0″ herab.

Die unbeständige Eisstellung vom 18.—19. Jänner hatte dennoch eine Erhöhung des Wasserstandes um 7′ 8″ zur Folge.

Wenn Eisgänge mit grösseren Kälteperioden concurriren, wie diesmal, so steigert sich die Gefahr einer Überfluthung bei der Eisstellung.

An der Station Kuchelau stellte sich der Stoss dreimal.

Eisstellung	Zunahme des Wasserstandes	Maximum der Zunahme
17.—18. Jänner	8′ 10″	11′ 2″
4.— 5. Februar	2 10	9 10
12.—13. „	2 1	12 5

Der zweiten und dritten Eisstellung gingen schon hohe Wasserstände in Folge der Eisstellung stromabwärts voraus, die Erhöhung konnte daher nicht bedeutend sein; aber die absolute, oben mit Maximum bezeichnete Zunahme, welche schon einige Tage vor der Eisstellung begann und mit der Eisstellung ihr Ende erreichte, ist um so bedeutender.

Fast eben so rasch, als es gestiegen, nahm das Wasser nach dem Abzuge des Stosses wieder ab.

Abzug des Stosses	Abnahme des Wasserstandes	Maximum der Abnahme
20.—21. Jänner	7′ 3″	7′ 3″
6.— 7. Februar	5 6	7 6
21.—22. „	9 3	9 3

Bei den folgenden Stationen beginnen die Verhältnisse wieder einfacher zu werden, treten aber um so prägnanter hervor.

Schon in Nussdorf stellte sich der Stoss nur zweimal, vom 17.—18. Jänner und vom 3.—4. Februar. Die erste Stellung war mit einer absoluten Erhöhung des Wasserstandes um 12′ 1″, die zweite sogar um 16′ 6″ verbunden. Man kann sich vorstellen, welche Calamität insbesondere die zweite Eisstellung für Wien werden musste, zumal der Stoss bis 22. Februar stehen blieb, und sich der Wasserstand bis dahin vom 12.—22. Februar zwischen 10′ 2″ und 14′ 4″ über Null erhielt.

Die weiteren Details kann man in der beigeschlossenen graphischen Darstellung einsehen.

Die Ursachen der erwähnten Katastrophe sind aus den graphischen Darstellungen sämmtlicher Stationen unzweifelhaft zu entnehmen.

Auf der Strecke von Aschach bis einschliesslich Zwentendorf war der Strom offen geblieben, und konnte daher der am 11. und 12. Februar Aschach und Linz passirende Eisstoss der oberen Donau und des Inn seinen ungehinderten Durchzug nehmen. Derselbe stand mit einer nicht unbedeutenden Thaufluth in Verbindung, welche den Strom schwellte in

Achach	vom 6.—11.	Februar	um 4′	5″
Linz	„ (5—6.)—(11.—12.)	„	„ 4	7
Struden	„ 5.—12.	„	„ 9	6
Ybbs	„ (6.—7.)—(12.—13.)	„	„ 5	10
Arnsdorf	„ (6.—7.)—(12.—13.)	„	„ 4	10
Stein	„ (6.—7.)—(12.—13.)	„	„ 5	6
Zwentendorf	„ (7.—8.)—(13.—14.)	„	„ 5	0

Aber auch auf der folgenden Strecke bis Nussdorf herab war der Strom am 12. Februar noch offen, von da bis Hainburg aber hatte die Donau seit längerer Zeit bereits eine feste, ganz

geschlossene Eisdecke, in Nussdorf seit 4. Februar, Floridsdorf seit 17., Fischamend 16., Regelsbrunn 15., Hainburg 13. Jänner.

Während der Eisstoss die obere Donau passirte, war überdies wieder strengere Kälte eingetreten, wie aus folgender Zusammenstellung der täglichen Temperatur-Minima um 8 Uhr zu entnehmen ist.

	Februar		
	11.	12.	13.
Aschach	—5·0	— 9·0	—15·0
Linz	—5·0	— 9·0	—15·0
Struden	—3·0	—10·0	—15·0
Ybbs	±0·0	— 7·0	—12·0
Arnsdorf	—3·5	— 7·0	— 8·0
Stein	—4·0	— 9·0	—11·0
Zwentendorf . .	—6·0	—11·0	—15·0
Tulln	—6·0	—14·0	—14·0
Greifenstein . . .	—3·0	—14·0	—14·0
Kuchelau	—3·0	—12·0	—11·0
Nussdorf	—5·0	—13·0	—14·0
Floridsdorf	—4·0	—12·0	—14·0
Fischamend	—4·0	—14·0	—15·0
Regelsbrunn . . .	—4·0	—15·0	—16·0
Hainburg	—5·0	—14·0	—15·0

Hiedurch wurde die Bildung und rasche Vermehrung von neuem Treibeis ungemein begünstigt, während zugleich das solide Eis, welches der abgegangene Stoss mit sich führte, immer mehr an Consistenz gewann. Der feste Eispanzer, welcher die Donau von Hainburg bis Nussdorf aufwärts bedeckte, musste den andringenden Eismassen Halt gebieten. Sie wurden von der Strömung unter die Eisdecke geschoben und füllten das Profil der grossen Donau nach und nach ganz aus, wodurch die ausserordentliche Staufluth erzeugt wurde, welche in den Canal drang und die Überfluthung der Leopoldstadt herbeiführte, da das Wasser mit den Eismassen durch den Canal keinen Abzug finden konnte.

Von Nussdorf aus aufwärts baute sich dann der Eisstoss bis Tulln auf und kam bei Kuchelau und Greifenstein vom 12. bis 13., bei Tulln vom 14. bis 15. Februar zum Stehen. An allen diesen Orten stellte sich hiedurch eine hohe Staufluth ein. Es betrug die Zunahme der Wasserhöhe in

Nussdorf	von	9.—12.	Februar	13′	10″
Kuchelau	„	8.—13.	„	12	5
Greifenstein	„	8.—13.	„	12	9
Tulln	„	7.—16.	„	13	6

An den stromabwärts gelegenen Stationen, wo die Eisverhältnisse keine Änderung erfuhren, war die Änderung des Wasserstandes verhältnissmässig unbedeutend. Es betrug die Zunahme in

Floridsdorf	von	9.—13.	Februar	7′	6″
Fischamend	„	10.—14.	„	2	4
Regelsbrunn	„	10.—14.	„	1	4
Hainburg	„	10.—13.	„	1	10.

Ein grosser Theil des Thauwassers, welches der Eisstoss der oberen Donau und des Inn am 11. und 12. Februar mit sich führte, blieb daher in Folge der Eisstellung als Stauwasser auf der Strecke von Nussdorf bis Tulln aufwärts zurück.

An den Stationen von Nussdorf abwärts stellte sich der Stoss nur einmal und blieb dafür um so länger stehen.

In Floridsdorf fand die Eisstellung schon am 17. Jänner statt und hatte vom 15.—22. eine stufenweise Erhöhung des Wasserstandes um 10′ 6″ zur Folge. Hierauf nahm das Wasser bis 2. Februar allmälig um 8′ 10″ ab, obgleich der Stoss stehen geblieben war. In Folge der milderen Temperatur schmolzen die der Eisdecke unterschobenen Dustschichten, wodurch das Stromprofil erweitert und der Abzug des Stauwassers begünstigt worden ist. In Folge der tieferen Temperaturen, welche das Anschieben von neuem Treibeis begünstigten, nahm das Stauwasser bis 6. Februar wieder um 6′ 8″ zu; darauf erfolgte bis 9. wieder eine Abnahme um 4′ 0″, welcher bis 13. die bereits angeführte Zunahme um 7′ 6″ folgte. Der Wasserstand hatte nun 9′ 0″ über Null erreicht und erhielt sich in dieser

Höhe unter geringen Schwankungen bis zum Abgange des Stosses in der Nacht vom 22.—23. Februar. Kurz zuvor hatte sich der Stand noch auf 10′ 8″ erhoben, sank aber nach dem Abzuge des Eises schon am 23. auf 1′ 7″ herab.

Ich habe die Wasserstandsverhältnisse bei Floridsdorf ausführlicher besprochen, weil sie mit jenen bei Nussdorf und Wien im innigen Zusammenhange stehen.

Bei Fischamend stellte sich der Stoss einen Tag früher als an der vorigen Station, der Wasserstand nahm vom 15.—16. Jänner in Folge der Eisstellung um 6′ 2″ zu und hatte um ebenso viel den Nullpunkt überschritten. So lange der Stoss stand, bewegte sich die Wasserhöhe zwischen 3′ 8″ und 8′ 6″ über Null und sank erst, nachdem der Stoss abgezogen war, unter die erstere Höhe herab.

In Regelsbrunn kam es um $1^1/_2$ Tage früher als bei Fischamend zur Eisstellung, welche mit einer Stauung des Wassers um 6′ 8″ vom 13.—15. Jänner verbunden war. Der Stoss blieb bis in die Nacht vom 23.—24. Februar stehen, das Stauwasser war selbst bei dem niedrigsten Stande beträchtlich höher als vor der Eisstellung, und überschritt unmittelbar vor dem Eisgange nicht mehr erheblich die während derselben erreichte Höhe.

In Hainburg kam es wieder um $1^1/_2$ Tag früher zur Eisstellung als an der vorigen Station, der Abzug des Eises erfolgte einen Tag früher.

Die Zunahme des Wasserstandes war bei der Eisstellung sehr beträchtlich und erreichte vom 10.—13. Jänner 9′ 10″. So lange der Stoss stand, sank das Wasser nicht um mehr als 5′ 5″ und erhob sich beim Eisaufbruche über den höchsten Stand bei der Eisstellung noch um 2′ 11″. Nach dem Abzuge des Eises sank das Wasser rasch um 9′ 6″.

Auf der March bei Schlosshof ging die Eisstellung vom 21. bis 22. December ohne die geringste Änderung des Wasserstandes vor sich. Vor dem Eisgange am 25. Februar nahm aber die Wasserhöhe rasch um 9′ 0″ zu. Auf Flüssen mit geringem Gefälle beschränkt sich der Antheil des Treibeises bei der Bildung der Eisdecke auf die obersten Schichten. Die Profilverringerung ist daher nicht bedeutend und hemmt daher auch kaum erheblich den Wasserabfluss.

An die Stelle des porösen, lose zusammenhängenden Treibeises tritt eine solide Eisschichte, welche von der schwellenden Thaufluth nicht stückweise fortgeführt, sondern nur in grossen Partien abgeschoben werden kann, wozu eine bedeutende Erhöhung des Wasserstandes nothwendig ist.

Winter 1871/72.

Auch in diesem Winter machten die Eisbildungen grössere Fortschritte als in dem vorigen. Wir haben somit in diesem Berichte eine Reihe von vier Wintern vor uns, von denen jeder folgende dem früheren in Beziehung auf die Dauer und Ausdehnung des Eises den Rang abläuft.

Vom 2.—6. December stellte sich an allen Stationen das erste Treibeis ein, und kam es auch gleich schon bei Nussdorf, wenn auch noch nicht von Dauer, zur Eisstellung.

In der nächstfolgenden Pentade stellte sich der Stoss schon bleibend bei Kuchelau und auf der Strecke von Nussdorf bis Fischamend.

Vom 12.—16. baute sich der Stoss über Tulln und Zwentendorf hinauf, vom 27.—31. December über Stein und Arnsdorf, und stellte sich der Stoss auch bei Grein, bei Arnsdorf jedoch nur vorübergehend, und wiederholte sich die Eisstellung in derselben Weise vom 1.—5. Jänner.

Bemerkenswerthe Anomalien zeigen sich bei Regelsbrunn und Hainburg. Während der ganzen Zeit, als das Eis in der nächsten stromaufwärts gelegenen Station Fischamend stand, war der Eistrieb bei Regelsbrunn ganz unbedeutend, ja derselbe unterblieb vom 6. Jänner bis 14. Februar zur Gänze, weil der Zuzug von Treibeis abgeschnitten und die Strecke von der vorigen Station zu kurz war, als dass sich neues Treibeis von erheblicher Menge hätte bilden können.

In der nächstfolgenden, stromabwärts gelegenen Station Hainburg kam es in der Pentade vom 27.—31. December dennoch zur Eisstellung, und noch dazu zu einer Zeit, in welcher der Eistrieb bei Regelsbrunn fast zu Ende war. Nach den Wasserstands- und Temperaturverhältnissen zu schliessen, unterliegt

es kaum einem Zweifel, dass die Eisstellung Folge der letzteren war.

Die Temperatur war nämlich so tief gesunken, dass das auf der kurzen Strecke von Fischamend oder eigentlich Regelsbrunn abwärts entstandene Treibeis zur Eisstellung bei Hainburg ausreichte.

Um dieselbe Zeit stellte sich, wie bereits erwähnt, der Stoss auch bei Grein, Arnsdorf und Stein.

Die freilich nicht selten Ausnahmen zulassende Regel, dass der Eisstoss um so später abgeht, je früher er sich stellt und vice-versa bestätigte sich im Allgemeinen wieder, wie aus folgender Zusammenstellung ersichtlich.

	Eis-Stellung	Eis-Abgang
Fischamend . .	9. December	17. Februar
Floridsdorf . . .	9.—10. „	21.—22. „
Kuchelau . . .	10.—11. „	19.—20. „
Nussdorf	10.—11. „	19.—20. „
Höflein	11.—12. „	16.—17. „
Tulln	12.—13. „	18.—19. „
Zwentendorf . .	13.—14. „	14. „
Stein	27.—28. „	12.—13. „
Grein	28.—29. „	28.—29. Jänner
Hainburg. . . .	31. „	24. „

Auf der Strecke von Aschach bis einschliesslich Arnsdorf blieb die Donau vom 26. Jänner an eisfrei, abgesehen von dem Eisgange bei Grein vom 26.—30. Jänner.

Bei Ybbs und Arnsdorf zeigt sich im Jänner als Folge der Eisstellung bei Grein ein ähnliches Intermittiren des Treibeises wie bei Regelsbrunn und Hainburg in Folge der Eisstellung bei Fischamend.

Auf der March bei Schlosshof stellte sich, trotz des rapiden Eintrittes der Beeisung auf der Donau, die geschlossene Eisdecke dennoch um eine Pentade früher ein, und der Eisabgang erfolgte um 1—3 Pentaden früher, als auf der langen Donaustrecke von Stein bis Fischamend, über welche sich die geschlossene Eisdecke ohne Unterbrechung hinzog.

Auf der Donau stellte sich das Treibeis bei Temperaturen von —2°6 bis —8°0 ein, die bleibende Eisstellung trat ein bei Temperaturen zwischen —3°4 und —4°8; es sind die mittleren der Pentaden, in welchen die Erscheinungen statt fanden.

Der Eisgang oder Abzug des Eises folgt auf Pentaden mit —2°0 bis +2°6 mittlerer Temperatur. Man kann schon hieraus schliessen, dass er sehr oft nicht Folge des Schneeschmelzens, sondern des Aufthauens der inneren Eisschichten ist, welches eine Abnahme des Stauwassers und das Einsinken und Brechen der äusseren Eisrinde bewirken muss, wodurch der Abgang erleichtert wird.

Die Wasserstandsverhältnisse, so weit sie mit der Eisstellung in Verbindung stehen, will ich wieder einer speciellen Betrachtung unterziehen.

Grein ist die erste Station der oberen Donau, wo es zur Eisstellung kam. Die erste, welche vom 14.—15. December eintrat, war mit einer plötzlichen Erhöhung des Wasserstandes um 9′ 0″ verbunden. Nach dem Abgange des Eises vom 18.—19. war das Wasser wieder um 7′ 0″ gesunken.

Mit der zweiten Eisstellung, welche vom 28.—29. December eintrat, nahm der Wasserstand um 7′ 4″ zu und war nach dem Abgange des Eises vom 28.—29. Jänner wieder um 6′ 2″ gesunken.

Bei Arnsdorf nahm in Folge der Eisstellung (28. December) der Wasserstand um 8′ 5″ zu. Vom 1.—2. Jänner ging der Stoss wieder ab, und dennoch betrug die Abnahme des Wasserstandes nur 0′ 10″, was auf eine Stauung in geringer Entfernung stromabwärts hindeutet.

In Stein erfolgte die Eisstellung vom 27.—28. December, der Wasserstand erhob sich um 8′ 0′, und nachdem das Eis am 13. Februar abgegangen war, war das Wasser wieder nahe auf den tiefen Stand vor der Eisstellung gesunken.

Die Dicke der zusammengeschobenen Eisdecke erreichte durchschnittlich 18′.

In Zwentendorf stellte sich der Stoss schon vom 13.—14. December und bewirkte eine Erhöhung des Wasserstandes um 7′ 4″.

Von besonderem Interesse sind die Messungen über die Dicke der Eisdecke, so weit sie sich aus Treibeis gebildet hatte. Sie wurde bestimmt, im December am 4. mit 2′, am 11. mit 4′, am 18. mit 10′, am 25. mit 14′ und vom 1. Jänner an war sie anhaltend 18′ (Fuss).

An den Stationen von Arnsdorf bis Stein nahm das Stauwasser, so lange der Stoss stand, nur wenig und langsam ab.

Bei Tulln stellte sich der Stoss vom 12.—13. December, die Zunahme des Wasserstandes beträgt nur 4′ 3″. Als der Stoss vom 18.—19. Februar abgegangen war, sank das Wasser wieder nahe auf den Stand vor der Eisstellung. Die Dicke des Eises überschritt seit 5. Jänner nicht 1′ 7″, und blieb unverändert dieselbe.

Bei Kuchelau, wo die Eisstellung vom 10.—11. December eintrat, erhob sich das Wasser um 8′ 11″. Nach dem Eisgange vom 19.—20. Februar war der Stand nur 0′ 11″ höher als vor der Eisstellung.

Bei Höflein war die Eisstellung vom 11.—12. December mit einer Erhöhung des Wasserstandes um 5′ 6″ verbunden. Nach dem Abgange des Eises vom 16.—17. Februar war der Stand sogar um 0′ 6″ tiefer als vor der Eisstellung.

Bei Nussdorf erfolgte die Eisstellung vom 10.—11. December und war mit einer Zunahme des Wasserstandes um 8′ 7″ verbunden. Nach dem Abgange des Stosses nahm der Wasserstand so lange ab, bis er nur noch 0′ 11″ höher war als vor der Eisstellung.

Der Beginn des Eisabganges war ausnahmsweise mit einer Erhöhung des Stauwassers um 5′ 8″ verbunden.

Bei Floridsdorf stellte sich das Eis vom 9.—10. December und verursachte eine Zunahme des Wasserstandes um 5′ 4″. Nach dem Abgange des Stosses war der Wasserstand nur 0′ 6″ höher als vor der Eisstellung.

Auf der Strecke von Arnsdorf bis Floridsdorf erhielt sich das bei der Eisstellung eingetretene Stauwasser in beträchtlicher Höhe bis zum Abgange des Eises. Während aber bei den Stationen bis Zwentendorf herab eine allmälige Abnahme der Höhe des Stauwassers bemerkbar war, blieb die Wasserhöhe bei Tulln sich ziemlich gleich, und steigerte sich an den drei

folgenden Stationen Kuchelau, Höflein und Nussdorf vor dem Eisabgange zu einem Maximum, welches jenes bei der Eisstellung übertraf. In Floridsdorf sind die Verhältnisse wieder jenen bei Tulln ähnlich.

Bei Fischamend war das Stauwasser unbedeutend, die plötzliche Erhöhung desselben, welche aber nur 3′ 9″ betrug, trat schon vor der Eisstellung, welche am 9. stattfand, ein, und verschwand mit derselben wieder.

Bei Hainburg stellte sich der Stoss erst am 31. December und verursachte eine Zunahme des Wasserstandes um 7′ 0″. Das

Eismenge

	Aschach	Linz	Struden	Ybbs	Arnsdorf	Stein
Nov. 22—26	.	.	.	.	.	.
Dec. 27—1	.	.	.	.	.	.
2—6	.	.	.	.	.	.
7—11	.	.	.	.	.	.
12—16	.	.	.	.	.	.
17—21	.	.	.	.	.	.
22—26	.	.	.	.	.	.
27—31	.	.	.	.	.	.
Jänn. 1—5	.	.	.	.	.	.
6—10	.	.	.	.	.	.
11—15	.	.	.	.	.	.
16—20	20	19	26	20	18	21
21—25	60	56	53	38	40	58
26—30	25	25	13	15	12	44
Febr. 31—4	3	2	.	.	.	.
5—9	.	.	.	.	.	.
10—14	.	.	.	.	.	.
15—19	.	.	.	.	.	.
20—24	.	.	.	.	.	.
			.	.	.	.
März 25—1		.	.	.	.	.
2—6	.	.	.	.	.	.

Stauwasser erhielt sich unter Schwankungen nahezu in der früheren Höhe und erreichte nach dem Abgange des Eises am 24. Jänner ausnahmsweise ein noch höheres Maximum. Auf den niedrigen Stand vor der Eisstellung sank es erst am 10. Februar herab.

Winter 1872/73.

In diesem Winter fanden der anhaltend milden Temperatur wegen keine Eisbildungen auf der Donau statt.

1868/69.

Zwentendorf	Tulln	Höflein	Nussdorf	Fischamend	Regelsbrunn	Hainburg	Schlosshof
.	.	.	.	.	.	.	86
.	.	.	.	.	.	.	14
.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	2
.	.	.		.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.
18	10	10	18	21	18	18	81†
54	38	26	60	61†	46	46	100
26	26	18	100	100	2	2	100
.	.	.	66†	86†	8	8	100
.	.	.	.	6	2	3	95†
.	.	.	.	.	.	.	4
.		.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.

Eismenge

		Asch-ach	Linz	Struden	Ybbs	Arns-dorf	Stein	Zwen-tendorf
Dec.	2—6	1	.	.	.	.	.	.
	7—11	.	.		.	.	.	.
	12—16	.	.	.	.	.	.	.
	17—21	.	.	.	.	.	.	.
	22—26	.	.	.	.	.	.	.
	27—31	10	6	6	.	.	.	.
Jänn.	1—5	30	30	24	15	20	30	15
	6—10	.	2	.	.	.	10	.
	11—15	.	.	.	.	.	10	.
	16—20	.	.	.	.	.	10	.
	21—25	4	6	2	.	.	10	5
	26—30	38	22	24	28	27	22	22
Febr.	31—4	60	24	26	33	35	30	23
	5—9	90†	46	64†	55	47	84†	48
	10—14	24	50	100	10	29	80	100
	15—19	7	8	100	12	14	95†	100
	20—24	5	3	10	.	1	83†	100
März	25—1	2	.	.	.	.	60	100
	2—6	.	.	.	.	.	.	2
	7—11	.	.	.	.	.	.	.

Eismenge

		Asch-ach	Linz	Struden	Ybbs	Arns-dorf	Stein	Zwen-tendorf
Dec.	2—6	6	6	11	5	4	.	.
	7—11	4	4	12	6	8	10	5
	12—16	.	.	.	.	.	.	1
	17—21	.	.	.	.	.	.	.
	22—26	32	52	38	40	40	16	18
	27—31	48	28	38	40	36	38	38
Jänn.	1—5	56	32	40	38	30	34	38
	6—10	26	26	20	28	29	36	34
	11—15	26	36	14	36	22	22	16
	16—20	26	42	38	32	21	28	28
	21—25	5	12	.	.	.	4	.
	26—30	2	12	.	.	.	.	.
Febr.	31—4	18	22	8	33	10	19	12
	5—9	2	2	4	6	2	8	4
	10—14	44†	66†	36	63	31	42	28
	15—19	8	14	10	12	10	10	4
	20—24	.	.	.	.	.	.	.
März	25—1	.	.	.	.	.	.	.
	6—11	.	.	.	.	.	.	.

1869/70.

Tulln	Höflein	Nussdorf	Floridsdorf	Fischamend	Regelsbrunn	Hainburg	Schlosshof
.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	28
.	.	.	.		.	.	14
.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	
.	.	.	.	.			6
7	10	14	10	13	14	22	25
.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	12
.	.	.	.	4	.	2	30
17	24	29	38	21	33	46	54
18	26	30	33	36	53	32	52
16†	80†	92†	88†	86†	16	16	100
100	100	100	100	100	.	.	100
100	100	100	100	100		.	100
100	100	100	100	100	2	4	100
100	100	100	100	100	8	4	100
20†	40†	40†	30†	52†	12	18	100
.	.	.	.	.	.	.	80†

1870/71.

Tulln	Greifenstein	Kuchelau	Nussdorf	Floridsdorf	Fischamend	Regelsbrunn	Hainburg	Schlosshof
.	.	.	.	.	.	.	.	10
3	4	12	5	4	8	8	9	10
.	.	.	.	.	.	.	.	2
.	.	.	.	.	.	.	.	4
24	14	30	28	28	32	18	29	100
50	44	50	52	40	48	19	57	100
52	32	50	52	46	64	27	72	100
46	34	46	44	38	58	32	61	100
38	20	44	44	38	66	53†	88†	100
48	54†	86†	90†	90†	100	100	100	100
5	.	12	14	100	100	100	100	100
.	.	.	.	100	100	100	100	100
20	18	44	52†	100	100	100	100	100
2	4	52†	100	100	100	100	100	100
44	76†	65†	100	100	100	100	100	100
100	100	100	100	100	100	100	100	100
10†	40†	40†	40†	60†	98†	93†	87†	100
.	.	.	.	.	.	.	4	39†
.	.	.	.	.	.	.	.	.

Eismenge

		Aschach	Linz	Grein	Ybbs	Arnsdorf	Stein	Zwentendorf
Dec.	2—6	34	18	22	26	16	20	28
	7—11	30	22	26	45	30	38	26
	12—16	46	66	70	44	26	20	76†
	17—21	12	24	49	34	15	14	100
	22—26	26	14	18	33	18	25	100
	27—31	68	52	77†	38	81†	86†	100
Jänn.	1—5	18	13	100	.	28†	100	100
	6—10	2	.	100	.	30	100	100
	11—15	14	34	100	20	8	100	100
	16—20	10	23	100	24	.	100	100
	21—25	8	4	100	21	.	100	100
	26—30	.	.	64†	8	.	100	100
Febr.	31—4	.	.	.	.	.	100	100
	5—9	6	6	5	.	.	100	100
	10—14	.	.	.	.	.	90†	90†
	15—19	.	.	.	.	.	.	40
	20—24	.	.	.	.	.	.	.
März	25—1	.	.	.	.	.	.	.

Temperatur

		Aschach	Linz	Struden	Ybbs	Arnsdorf	Stein
Nov.	22—26	.	.	.	.		.
Dec.	27—1	.	.	.	.	.	.
	2—6	— 1·0	+ 0·7	.	.	.	.
	7—11	+ 3·0	+ 1·2	.	.	.	.
	12—16	— 1·3	— 1·0	.	.	.	.
	17—21	+ 0·6	+ 1·5	.	.	.	.
	22—26	+ 2·3	+ 2·6	.	.	.	.
	27—31	+ 1·1	+ 1·2	+ 4·0	.	.	.
Jänn.	1—5	+ 0·7	+ 1·0	.	.	.	.
	6—10	— 0·7	+ 0·1	.	.	.	.
	11—15	— 5·5	— 4·9	.	.	.	.
	16—20	— 6·8·	— 6·2·	— 6·8·	. ·	. ·	—6·2·
	21—25	—13·2·	—12·4·	—13·0·	—12·2·	—11·2·	—9·5·
	26—30	— 5·5·	— 5·3·	— 4·4·	. ·	— 3·2·	—3·4·
Febr.	31—4	— 0·1·	+ 0·6·	+ 0·4	.	.	+2·6
	5—9	+ 0·1	+ 1·2	+ 0·8	.	.	.
	10—14	+ 4·6	+ 4·2	+ 4·0	.	.	.
	15—19	+ 1·0	+ 2·0	.	.	.	.
	20—24	+ 0·3	+ 1·6	.	.	.	.
März	25—1	+ 1·7	+ 2·2	.	.	.	.
	2—6	— 2·2	— 1·1	.	.	.	.

1871/72.

Tulln	Kuchelau	Höflein	Nussdorf	Floridsdorf	Fischamend	Regelsbrunn	Hainburg	Schlosshof
16	26	8	33†	26	11	23	31	64†
40	66†	40	72†	80†	86†	15	22	100
92†	100	100	100	100	100	10	12	100
100	100	100	100	100	100	4	7	100
100	100	100	100	190	100	3	18	100
100	100	100	100	100	100	7	48†	100
100	100	100	100	100	100	1	100	100
100	100	100	100	100	100	0	100	100
100	100	100	100	100	100	1	100	100
100	100	100	100	100	100	0	100	100
100	100	100	100	100	100	.	92†	100
100	100	100	100	100	100	.	4	100
100	100	100	100	100	100	.	.	100
100	100	100	100	100	100	.	.	46
100	100	100	100	100	100	.	.	1
90†	100	40†	100	100	71†	14	14	.
.	.	.	.	40†	7	4	41	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.

1868/69.

Zwentendorf	Tulln	Höflein	Nussdorf	Fischamend	Regelsbrunn	Hainburg	Schlosshof
							— 2·0
							+ 0·6
							+ 1·6
							+ 0·8
							— 0·6
							+ 1·2
							+ 3·6
							+ 5·0
				+ 1·4	+ 2·4	+ 2·4	+ 2·4
				+ 0·2	+ 1·4	+ 0·2	+ 0·2
				— 3·2	— 1·4	— 2·8	— 2·8
— 6·8•	. •	. •	—6·4•	— 8·2•	— 7·8•	— 7·4•	— 7·4•
—11·4•	—11·2•	. •	—9·2•	—10·8•	—10·6•	—11·6•	—11·6*
— 3·7•	— 3·4•	. •	—3·2*	— 4·6*	— 3·4•	— 3·6•	— 3·6*
+ 2·0	.	.	+2·4•	+ 2·0•	+ 2·2•	+ 2·2•	+ 1·6*
				0·0•	+ 2·2•	+ 2·2•	0·0•
				+ 4·4	+ 0·4	+ 0·4	. •
				+ 1·2	+ 1·2	+ 1·2	.
				0·0	+ 2·6	+ 2·6	.

Temperatur

		Aschach	Linz	Struden	Ybbs	Arnsdorf	Stein	Zwentendorf
Dec.	2—6	— 4·5	—4·6	.	.	.	.	.
	7—11	— 4·5	—4·5	.	.	.	.	.
	12—16	— 1·1	—1·3	.	.	.	.	.
	17—21	+ 1·3	+1·3	.	.	.	.	.
	22—26	+ 1·3	+1·2	.	.	.	.	.
	27—31	— 4·6·	—3·6·	—6·0·	.	.	.	.
Jänn.	1—5	— 4·2·	—4·6·	—5·3·	.	— 1·6·	— 0·2·	— 2·0·
	6—10	— 0·6	—1·0·	.	.	.	+ 2·4·	—
	11—15	— 0·5	—0·2	.	.	.	+ 0·6·	—
	16—20	— 1·4	—0·9	.	.	.	+ 0·8·	—
	21—25	— 3·3·	—3·5·	.	.	.	— 1·1·	—
	26—30	— 6·4·	—6·4·	—6·1·	— 5·8·	— 5·4·	— 4·6·	— 6·9·
Febr.	31—4	— 8·3·	—8·3·	—6·6·	— 7·1·	— 6·8·	— 4·6·	— 7·3·
	5—9	—12·3·	—9·4·	—9·6·	—10·8·	—13·2·	—11·3·	—14·8·
	10—14	— 8·1·	—6·8·	—6·6*	— 6·2·	— 8·0·	— 6·0·	— 5·6*
	15—19	— 3·3·	—1·2·	—2·0*	.	— 3·4·	— 1·0·	— 1·5*
	20—24	— 3·1·	—1·0·	—1·4·	.	.	+ 2·4·	— 2·3*
März	25—1	— 1·3·	—0·5	.	.	.	.	+ 0·9*
	2—6	— 0·1	—0·2	.	.	.	.	.
	7—11	+ 0·3	—0·3	.	.	.	.	.

Temperatur

		Aschach	Linz	Struden	Ybbs	Arnsdorf	Stein	Zwentendorf
Dec.	2—6	— 8·5·	— 6·4·	— 7·0·	.	.	.	.
	7—11	— 3·2·	— 3·2·	— 2·6·	—0·2·	.	.	.
	12—16	— 2·5	— 2·5	— 1·0	.	.	.	.
	17—21	+ 2·6	+ 1·0	+ 1·2	.	.	.	.
	22—26	—10·6·	—10·6·	—10·4·	—5·8·	—9·0·	—7·2·	—9·1·
	27—31	—12·4·	— 7·6·	— 6·8·	—5·0·	—6·2·	—4·4·	—5·3·
Jänn.	1—5	— 7·8·	— 7·8·	— 6·8·	—4·0·	—5·9·	—5·0·	—6·5·
	6—10	— 5·0·	— 5·0·	— 5·6·	—3·4·	—6·1·	—5·0·	—6·3·
	11—15	— 8·5·	— 8·5·	— 8·2·	—5·0·	—6·7·	—4·8·	—6·6·
	16—20	— 8·2·	— 7·2·	— 6·1·	—5·1·	—3·9·	—4·0·	—6·1·
	21—25	— 4·1·	— 5·7·	— 3·4	.	.	.	.
	26—30	— 4·6·	— 5·1·	— 3·6	.	.	.	.
Febr.	31—4	— 8·3·	— 8·1·	— 6·0·	—2·8·	—4·3·	—3·6·	—4·6·
	5—9	— 3·2·	— 5·2·	— 3·1·	.	.	.	.
	10—14	— 8·4·	— 8·4·	— 8·2·	—4·6·	—5·0·	—7·6·	—9·4·
	15—19	— 1·6·	— 1·6·	0·0·	.	.	.	.
	20—24	+ 0·6	+ 0·5	+ 0·2	.	.	.	.
März	25—1	+ 0·2	+ 0·2	— 3·0	.	.	.	.
	2—6	.	.	— 2·4	.	.	.	.

1869/70.

Tulln	Höflein	Nussdorf	Floridsdorf	Fischamend	Regelsbrunn	Hainburg	Schlosshof
.	.	.	.	.	.	.	. .
.	.	.	.	.	.	.	. .
.	.	.	.	.	.	.	+ 1·0
.	.	.	.	.	.	.	+ 2·0
.	.	.	.	.	.	.	+ 1·6*
.	.	.	.	.	.	.	— 1·0*
— 2·0*	. .	— 1·2*	— 1·2*	— 2·8*	— 1·4*	— 1·2*	— 1·2
.	.	+ 1·4	+ 1·4	+ 0·2	+ 0·6	+ 0·6	+ 0·2
.	.	— 0·2	— 0·2	— 1·4	— 1·0	— 0·6	— 0·6*
.	.	— 0·8	— 0·8	— 1·4	— 0·8	— 0·8	— 0·8*
.	.	— 2·3	— 2·3	— 3·4*	— 2·6	— 4·4*	— 4·4*
— 6·0*	. .	— 6·1*	— 6·1*	— 6·6*	— 7·0*	— 8·4*	— 8·4*
— 4·2*	. .	— 5·2*	— 5·2*	— 5·4*	— 5·2*	— 6·0*	— 6·0*
—13·6*	. .	—14·1*	—14·1*	—15·4*	—12·6*	—14·0*	—11·0*
— 7·6*	. *	— 7·6*	— 7·6*	— 8·2*	— 7·2	— 9·8	— 9·8*
— 2·8*	. *	— 2·3*	— 2·3*	— 2·4*	— 2·4	— 2·8	— 2·8*
— 3·0*	. *	— 2·6*	— 2·6*	— 1·8*	— 2·6*	— 3·0*	— 3·0*
+ 0·4*	. *	— 0·2*	— 0·2*	+ 0·2*	0·0*	— 0·4*	— 0·4*
. .	. .	. .	. .	. .	. .	. .	. *
.	.	.	.	.	.	.	. .

1870/71.

Tulln	Greifenstein	Kuchelau	Nussdorf	Floridsdorf	Fischamend	Regelsbrunn	Hainburg	Schlosshof
.	.	— 5·2	—4·2	— 6·0	— 6·8	— 4·6	— 4·8	— 4·8*
. .	— 0·4*	+ 0·1*	+0·1*	— 1·4*	— 0·9*	— 0·6*	— 1·4*	— 1·4*
.	0·0	+ 0·2	+1·5	+ 1·0	— 1·6	0·0	— 1·2	— 1·2*
.	— 0·4	+ 4·2	—1·0	— 1·2	— 0·1	+ 0·4	— 0·6	— 0·6*
. .	—11·2*	—10·2*	—9·0*	—10·6*	—11·8*	—10·8*	—11·4*	—11·4*
—5·2*	— 5·4*	— 4·4*	—4·6*	— 5·4*	— 5·8*	— 5·8*	— 5·6*	— 5·6*
—5·6*	— 6·8*	— 6·0*	—6·0*	— 6·8*	— 7·6*	— 7·2*	— 5·8*	— 5·8*
—5·4*	— 5·2*	— 4·8*	—5·2*	— 5·2*	— 5·9*	— 5·8*	— 5·6*	— 5·6*
—6·0*	— 6·4*	— 5·5*	—5·2*	— 6·2*	— 7·2*	— 7·0*	— 7·4*	— 7·4*
—5·6*	— 2·4*	+ 2·1*	— 2·4*	— 4·0*	— 2·5*	— 1·6*	— 1·6*	— 1·6*
—5·3*	— 2·8	— 1·5*	—2·6*	— 2·8*	— 3·5*	— 3·2*	— 3·2*	— 3·2*
—1·6	— 2·8	— 0 6*	—0·6	— 1·8*	— 1·8*	— 1·8*	— 1·8*	— 1·8*
—5·6*	— 5·6*	— 5·1*	—5·6*	— 6·6*	— 6·4*	— 6·2*	— 5·0*	— 5 0*
—5·2*	— 1·6*	— 2·2*	—2·0*	— 4·4*	— 3·6*	— 4·8*	— 4·2*	— 4·2*
—9·8*	— 9·8*	— 8·2*	—9·6*	— 9·6*	—10·6*	—11·0*	—10·8*	—12·8*
—0·6*	— 1·0*	— 0·4*	—0·2*	— 3·8*	— 1·3*	— 2·6*	— 1·8*	— 1·8*
+3·4*	+ 4·2*	+ 4·6*	+6·0*	+ 4·6*	+ 2·6*	+ 1·8*	+ 2·6*	+ 2·6*
.	.	.	.	.	.	.	. .	. .
.	.	.	.	.	.	.	.	.

Temperatur

	Asch-ach	Linz	Grein	Ybbs	Arns-dorf	Stein	Zwen-tendorf
Dec. 2—6	— 8·0•	— 7·0•	— 7·2•	— 5·6•	— 4·6•	—2·6•	— 4·2•
7—11	— 7·1•	— 8·4•	— 7·0•	— 5·7•	— 7·0•	. •	— 5·1•
12—16	—11·9•	— 6·7•	—12·9•	—11·4•	— 9·2•	—4·0•	— 8·6•
17—21	— 7·6•	— 4·6•	— 5·7•	— 5·2•	— 4·4•	—5·2•	— 8·6*
22—26	— 8·0•	— 6·4•	— 7·9•	— 6·4•	— 6·0•	—4·6•	— 7·4*
27—31	—14·1•	—12·0•	—14·9•	. •	—10·8•	—9·6•	—11·8*
Jänn. 1—5	— 5·4•	— 1·0•	— 6·6*	.	— •	—3·6*	— 7·0*
6—10	— 1·1•	— 1·4•	— 1·4*	.	— 1·0•	—0·2*	— 1·1*
11—15	— 7·9•	— 7·2•	— 6·6*	— 6·4•	— 8·2•	—4·4*	— 5·0*
16—20	— 6·0	— 2·8	— 3·6*	— 1·8•	— 1·9	+0·8*	— 2·2*
21—25	— 3·4	— 0·8	— 1·0*	— 0·6•	0·0	+1·2*	0·0*
26—30	— 1·3	+ 0·2	— 0·6•	+ 2·4•	+ 1·8	+2·0*	+ 1·3*
Febr. 31—4	— 1·8	+ 0·2	— 1·4	+ 3·9	— 0·4	+1·2*	— 0·1*
5—9	— 4·5•	— 2·0•	— 4·4•	.	.	+0·8*	+ 0·3*
10—14	— 1·6	+ 0·2	— 2·3	.	.	+1·8•	+ 0·6•
15—19	— 2·7	+ 0·8	— 1·7	.	.	.	. •
20—24	— 1·7	+ 0·8	— 2·3	.	.	.	.
März 25—1	— 0·9	+ 2·2	•	.	.	.	.

Wasserstand

	Asch-ach	Linz	Struden	Ybbs	Arns-dorf	Stein
Nov. 22—26	.	.	.	.	.	.
Dec. 27—1	.	.	.	.	.	
2—6	0′ 0″	+0′ 10″	.	.	.	.
7—11	+3 2	+2 10	.	.	.	.
12—16	+3 8	+3 4	.	.	.	.
17—21	+2 10	+2 2		.	.	.
22—26	+4 10	+4 2	.	.	.	.
27—31	+5 11	+5 1	+9′ 1″	.	.	.
Jänn. 1—5	+4 4	+3 8	.	.	.	.
6—10	+4 0	+3 5	.	.	.	.
11—15	+3 8	+3 3		.	.	.
16—20	+2 4 •	+2 0 •	+1 4 •	—0′ 5″•	+0′ 4″•	+0′ 3″•
21—25	+1 4 •	+1 0 •	—0 10 •	—1 5 •	—1 2 •	—1 3 •
26—30	+0 5 •	+0 3 •	—2 4 •	—2 6 •	—2 2 •	—2 3 •
Febr. 31—4	+1 8 •	+1 4 •	0 0	—1 3	—1 1	—1 0
5—9	+3 0	+2 5	+3 8	.	.	.
10—14	+3 9	+3 8	+9 4	.	.	.
15—19	+5 4	+4 7	.	.	.	.
20—24	+2 11	+2 4	.	.	.	.
März 25—1	+2 1	+1 6	.	.	.	.
2—6	+2 7	+2 0	.	.	.	.

1871/72.

Tulln	Kuchelau	Höflein	Nussdorf	Floridsdorf	Fischamend	Regelsbrunn	Hainburg	Schlosshof
— 5·2·	—5·1·	— 6·8·	—5·6·	— 4·6·	— 7·8·	— 7·8·	—6·6·	—6·6·
— 5·6·	—5·0·	— 6·2·	—5·2·	— 5·8·	— 6·4·	— 6·6·	—5·8·	—6·8*
— 7·6·	—8·1*	— 8·0*	. *	— 8·2*	— 9·8*	— 9·8·	—8.2·	—6·2*
— 3·4*	—1·8*	— 3·8*	—0·8*	— 3·0*	— 3·6*	— 2·8·	—3·0·	—3·6*
— 6·6*	—4·8*	— 7·2*	—4·8*	— 6·6*	— 6·8*	— 7·6·	—6·6·	—8·0*
—11·4*	—9·0*	—10·4*	—9·6*	—10·4*	—10·4*	—10·0·	—8·8·	—8·0*
— 5·0*	—4·2*	— 4·6*	—4·3*	— 5·4*	— 5·6*	— 5·6·	—4·8*	—4·8*
— 0·6*	—0·4*	— 1·0*	+0·8*	— 0·6*	— 1·4*	— 1·8·	—1·8*	—1·8*
— 5·2*	—3·9*	— 3·2*	—4·4*	— 4·4*	— 4·6*	— 5·2·	—5·2*	—5·2*
— 2·2*	—1·6*	— 1·2*	—1·5*	— 1·8*	— 2·2*	— 3·0·	—2·0*	—2·0*
+ 0·4*	+1·3*	+ 2·0*	—1·6*	+ 0·4*	— 0·2*	— 0·4	+0·6·	+0·6*
+ 0·4*	+1·9*	+ 3·0*	—2·1*	+ 1·2*	+ 0·4*	+ 1·0	+1·0·	+1·0*
0·0*	+0·5*	+ 3·2*	+0·2*	0·0*	— 0·8*	. 0·6	—0·2	—0·2*
— 0·2*	+0·4*	+ 1·6*	+0·2*	— 0·2*	— 0·4*	— 0·4	—0·2	—0·2·
+ 0·6*	+0·9*	+ 2·6*	+0·5*	0·0*	— 0·3*	— 0·4	—0·4	—0,4·
+ 0·8·	+0·4*	+ 1·2·	—1·0*	— 0·6*	— 1·2·	— 0·8·	—0·6·	—0·6
+ 0·6	—0·1	— 0·6	—0·5	— 0·4*	— 1·7·	— 1·4·	—1·6·	—1·6
+ 0·8	+0·3	+ 0·4	+0·1	— 0·3	.	.	.	.

1868/69.

Zwentendorf	Tulln	Nussdorf	Fischamend	Regelsbrunn	Hainburg	Schlosshof
.	.	.	.	.	.	+0′ 7″·
.	.	.	.	.	.	+0 6 ·
.	.	.	.	.	.	+0 4
.	.	.	.	.	.	—0 1 ·
.	.	.	.	.	.	+1 11
.	.	.	.	.	.	+0 10
.	.	.	.	.	.	+0 10
.	.	.	.	.	.	+2 6
.	.	.	+3′ 11″	+1′ 11″	+3′ 3″	+2 6
.	.	.	+3 0	+1 2	+2 0	+1 6
.	.	.	+3 0	+1 2	+2 6	+1 8
-2′ 6″·	—1′ 4″·	—0′ 8″·	+0 8 ·	—0 7 ·	+0 2 ·	+1 8 ·
-3 5 ·	— 2 5 ·	—2 1 ·	+0 2 ·	—1 9 ·	—1 5 ·	+1 8 *
-4 8 ·	—3 11 ·	+3 8 *	—0 5 *	—3 9 ·	—1 7 ·	+1 6 *
-3 7	—2 4	+1 10 ·	+0 10 ·	—1 1 ·	+0 9 ·	+0 10 *
.	.	.	+2 6	+0 5 ·	+1 6 ·	+0 11 ·
.	.	.	+3 8	+2 4	+3 4	. ·
.	.	.	+5 8	+3 8	+5 6	.
.	.	.	+2 1	+0 4	+1 7	.
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.

Wasserstand

		Aschach	Linz	Struden	Ybbs	Arnsdorf	Stein	Zwentendorf
Dec.	2—6	+6′ 10″•	+6′ 4″	.	.	.	.	.
	7—11	+3 5	+3 10	.	.	.	.	.
	12—16	+2 4	+2 5	.	.	.	.	.
	17—21	+6 2	+4 10	.	.	.	.	.
	22—26	+7 7	+6 10	.	.	.	.	.
	27—31	+4 0•	+3 5•	+5′ 11″•	.	.	.	.
Jänn.	1—5	+2 8•	+1 10•	+2 2•	+0′ 2″•	+0′ 7″•	+0 8″•	—1′ 11″•
	6—10	+2 8	+2 0•	.	+0 2	+0 5	+0 2•	—2 2
	11—15	+3 5	+2 10	.	+1 4	+1 7	+1 6•	—1 3
	16—20	+3 7	+2 10	.	+0 9	+1 4	+1 0•	—1 7
	21—25	+2 6•	+2 3•	. •	+0 6	+0 11	+0 10•	—2 0•
	26—30	+1 4•	+1 7•	+0 5•	—0 8	—0 2	—0 7•	—2 10•
Febr.	31—4	+1 6•	+1 6•	—0 6•	—1 0•	—0 11•	—1 1•	—3 5•
	5—9	+1 0•	+1 0•	+1 2•	—1 6•	—1 6•	—1 7•	—3 8•
	10—14	+0 2•	—0 6•	+3 4*	—2 2•	—2 11•	—2 5•	+1 10*
	15—19	+1 1•	+0 6•	+3 6*	—1 7•	—1 6•	+5 0•	+3 2*
	20—24	+1 1•	+0 8•	—0 6•	—1 7•	—0 8•	+7 7•	+3 0*
März	25—1	+1 5•	+0 7	.	—1 5	—1 2	+1 4•	+2 5*
	2—6	+3 4	+2 5	.	.	.	.	.
	7—11	.	.	.	.	.	.	.

Wasserstand

		Aschach	Linz	Struden	Ybbs	Arnsdorf	Stein	Zwentendorf
Dec.	2—6	+2′ 8″•	+2′ 2″•	+2′ 5″•	. •	. •	. •	.
	7—11	+2 1•	+1 2•	+0 10•	+1′ 6″•	+1′ 6″•	—0′ 6″•	—2′ 11″•
	12—16	+2 2	+1 7	+1 1	+1 4	+2 0	—0 8	—2 11
	17—21	+6 4	+6 1	+7 11	+5 11	+6 10	+3 10	+0 8
	22—26	+5 7•	+5 10•	+9 10•	+7 10•	+8 7•	+6 6•	+2 11•
	27—31	+3 1•	+2 4•	+3 0•	+2 11•	+3 4•	+1 1•	—1 5•
Jänn.	1—5	+2 7•	+2 0•	+1 6•	+2 4•	+2 8•	0 0•	—2 4•
	6—10	+2 6•	+1 11•	+1 1•	+2 4•	+2 8•	—0 6•	—2 7•
	11—15	+2 1•	+1 5•	+0 6•	+1 11•	+2 2•	—0 8•	—2 8•
	16—20	+1 7•	+0 6•	—0 10•	+0 11•	+2 6•	—1 6•	—3 8•
	21—25	+1 10•	+1 4•	0 0	+0 10	+1 2	—0 11•	—2 10
	26—30	+1 6•	+0 10•	—0 6	+0 6	+1 0	—1 1	—2 11
Febr.	31—4	+1 2•	+0 6•	—1 0•	+0 6•	+1 0•	—1 6•	—3 4•
	5—9	+1 11•	+1 1•	+0 4•	+0 10•	+1 2•	—1 0•	—3 4•
	10—14	+4 8•	+4 0•	+5 10•	+4 0•	+4 0•	+1 11•	—0 10•
	15—19	+2 11•	+3 0•	+3 0•	. •	. •	. •	. •
	20—24	+4 4•	+3 2•	+4 5•	. •	. •	. •	. •
März	25—1	+1 10	+3 6•	+5 2	.	.	.	.
	2—6	.	.	+8 5	.	.	.	.

1869/70.

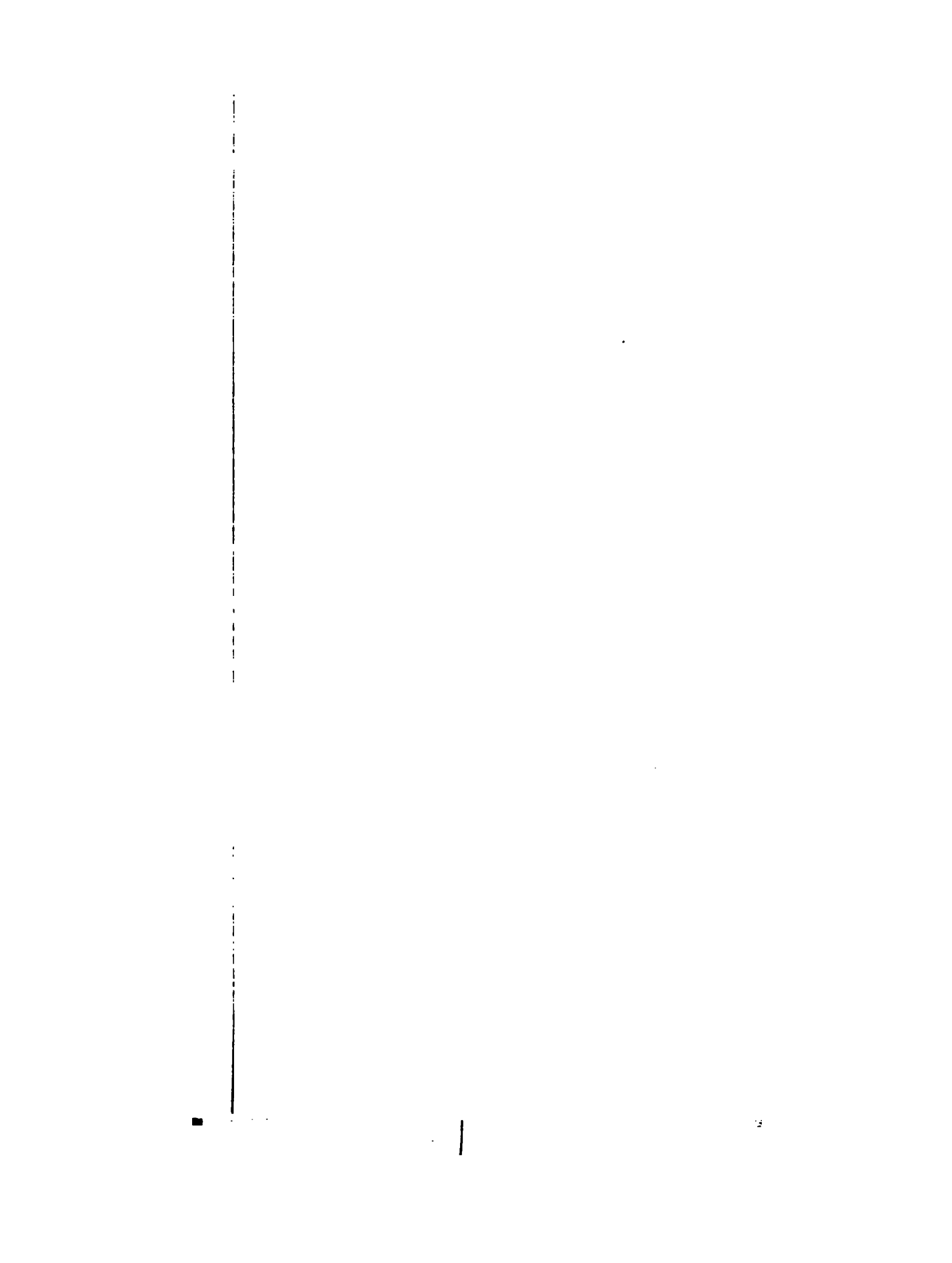
Tulln	Höflein	Nussdorf	Floridsdorf	Fischamend	Regelsbrunn	Hainburg	Schlosshof
.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	+2′ 2″•
.	.	.	.	.	.	.	+2 0 •
	.	.	.	.	.	.	+6 0
	.	.	.	.	.	.	+5 2 •
−1′ 1″•	+0′ 1″•	+0′ 1″•	−1′ 1″•	+1′ 8″•	−0′ 4″•	+1′ 0″•	+3 5 •
−1 1	+0 2	+0 1	−1 5	+1 4	−0 8	+0 8	+1 10
+0 2	+0 10	+1 0	−0 6	+2 5	0 0	+1 10	+2 5
−0 5	+0 6	+0 8	−0 5	+2 2	0 0	+1 7	+2 4 •
−1 1	+0 1	+0 5	−0 11 •	+1 11	−0 2	+1 9 •	+1 1 •
−2 1 •	−0 4 •	−1 0 •	−2 1 •	+0 6 •	−1 7 •	−0 4 •	+1 1 •
−2 10 •	−1 4 •	−1 6 •	−2 8 •	−0 1 •	−2 5 •	−1 1 •	. •
−2 4 •	−1 6 •	+1 6 •	−1 5 •	+0 2 •	−3 10 •	−2 8 •	. *
+1 4 *	−0 2 *	+3 8 *	+1 1 *	−0 4 *	−4 2	−3 11	. *
+2 4 *	+2 0 *	+4 10 *	+2 7 *	+0 11 *	−3 1	−2 0 *	. *
+2 3 *	+2 6 *	+5 1 *	+3 0 *	+1 8 *	−2 5 •	−1 1 •	. *
+1 2 *	+2 7 *	+4 4 *	+2 7 *	+1 7 *	−2 6 •	−1 4 •	. *
. •	. •	. •	. •	. •	. •	+1 7 •	. *
.	.	.	.	.	.	.	.

1870/71.

Tulln	Greifenstein	Kuchelau	Nussdorf	Floridsdorf	Fischamend	Regelsbrunn	Hainburg	Schlosshof
−1′ 0″	+0′ 8″	+0′ 1″	−0′ 8″	−0′ 6″	+2′ 0″	+0′ 6″	+1′ 1″	+6′ 8″•
−2 2•	−0 1•	−0 11•	−2 1•	−1 11•	+0 8•	−0 10•	+0 1•	+5 7•
−1 10	−0 10	−1 5	−1 11	−2 2	+0 5	−0 11	−0 5	+5 2•
+3 11	+2 5	+3 11	+2 4	+1 8	+4 7	+3 0	+4 0	+5 1•
+3 8•	+4 6•	+6 0•	+3 4•	+3 7•	+7 2•	+5 5•	+5 1•	+4 11*
−0 10•	−0 8•	+0 8•	−0 1•	−0 4•	+2 5•	+0 11•	+1 11•	+4 11*
−1 11•	−1 5•	−0 7•	−1 10•	−1 7•	+1 4•	+0 2•	+0 2•	+2 11*
−2 6•	−1 10•	−1 2•	−2 10•	−2 1•	+0 7•	+0 2•	−0 1•	+2 10*
−2 7•	−2 1•	−1 5•	−3 1•	−2 4•	+0 2•	+2 0•	+5 11•	+6 6*
−3 1•	−0 6•	+3 10•	+2 7•	+1 7•	+4 11*	+5 0*	+7 1*	+5 2*
−3 2•	−1 2	+2 7•	+4 8•	+7 1*	+5 11*	+5 5*	+8 2*	+6 10*
−3 5	−1 10	−0 5•	+0 10	+2 6*	+5 5*	+4 6*	+7 4*	+6 0*
−3 8•	−2 2•	−0 2•	+0 8•	+0 10*	+4 5*	+3 1*	+5 5*	+4 1*
−2 11•	−1 7•	+9 0•	+3 0*	+3 11*	+5 5*	+3 10*	+5 5*	+4 2*
+0 7•	+4 8•	+11 5•	+10 4*	+8 2*	+7 7*	+5 6*	+7 5*	+5 11*
+7 4*	+7 4*	+7 7*	+11 7*	+8 4*	+7 8*	+6 1*	+7 6*	+6 0*
+0 2•	+3 6•	. •	+7 11•	+6 2•	+7 2•	+5 5•	+8 2•	+9 4*
.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.

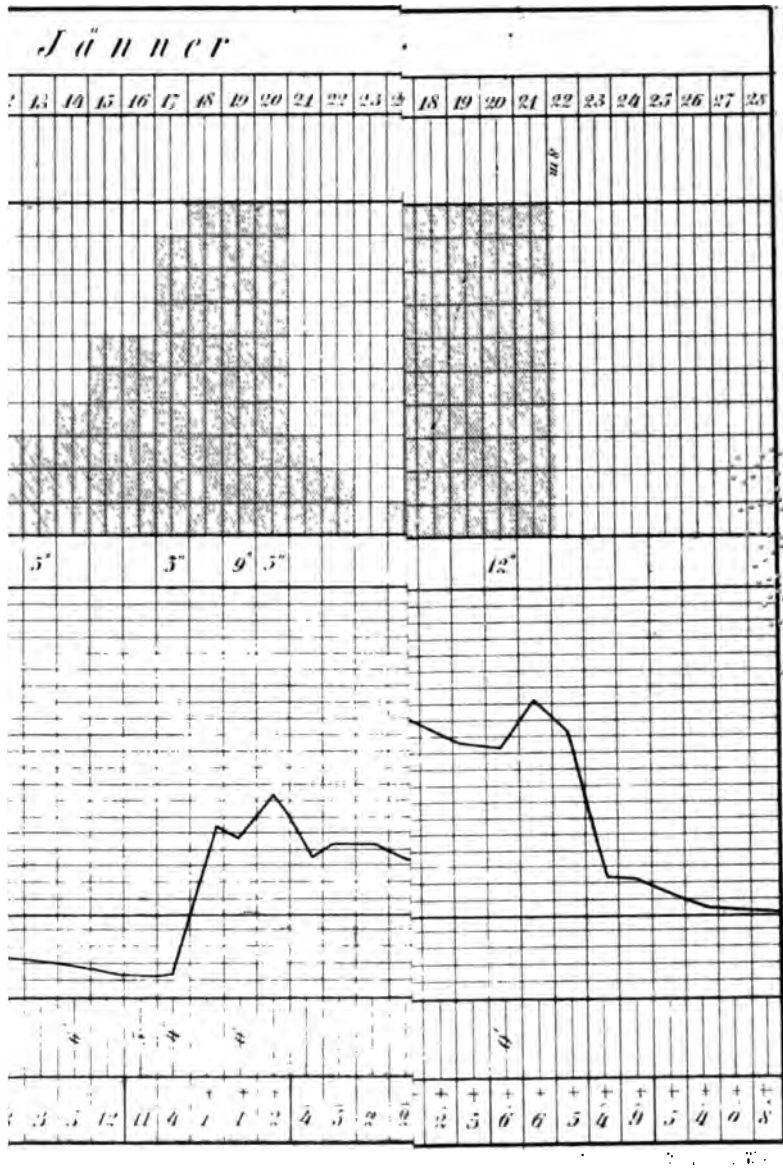
Wasserstand

		Arnsdorf	Linz	Höflein	Ybbs	Arnsdorf	Stein	Zwentendorf
Dec.	2—6	+0′ 7″•	0′ 0″•	—1′ 1″•	. •	. •	—2′ 10″•	—4′ 10″
	7—11	+0 2•	—1 0•	—2 5•	—2′ 10″•	—2′ 2″•	—3 6•	—5 1•
	12—16	—0 4•	—1 8•	—0 1•	—2 2•	—2 7•	—4 0•	—3 0•
	17—21	+0 7•	—0 6•	—0 5•	—2 0•	—2 1•	—3 4•	+1 11•
	22—26	+1 1•	—0 7•	—0 8•	—1 6•	—2 5•	—3 5•	+2 0•
	27—31	+0 7•	—0 10•	+2 1•	—2 0•	+0 10•	+2 0•	+0 7•
Jänn.	1—5	+0 2•	—0 11•	+3 8*	—2 8•	+4 2•	+3 6*	+0 4•
	6—10	+0 7•	—0 7•	+3 8*	—2 6	+4 6•	+4 2*	+1 2•
	11—15	+0 11•	+0 4•	+2 0*	—1 6•	+4 2•	+4 0*	+1 4•
	16—20	+1 0•	+0 1•	+0 4*	—1 4•	+3 10•	+3 5*	+0 11•
	21—25	+0 7•	—0 2•	—0 5*	—2 2•	+3 1	+3 0*	+0 10•
	26—30	+0 10	—0 2	—0 4•	—2 1•	+3 2	+2 10*	+0 5•
Febr.	31—4	+0 8	—0 4	—1 6	—2 5•	+2 10	+2 2*	—0 1•
	5—9	+0 6•	—0 5•	—2 1•	—2 10•	+2 1	+1 6*	+0 10•
	10—14	+0 4	—0 10	—2 0	.	.	+0 5•	+1 2•
	15—19	+0 5	—0 10	—1 10	.	.	.	.
	20—24	+0 8	—0 4	—1 7	.	.	.	.
März	25—1	+2 6	+1 7	.	.	.	.	.



18 $\frac{70}{71}$ beobachtet zu Nuß

Taf. II.



1871/72.

Tulln	Kuchelau	Höflein	Nussdorf	Floridsdorf	Fischamend	Regelsbrunn	Hainburg	Schlosshof
—4′ 6″•	—3′ 11″•	—3′ 0″•	—3′ 11″•	—4′ 4″•	—0′ 2″•	—1′ 7″•	—1′ 10″•	+1′ 6″•
—4 11•	—2 1•	—2 7•	—1 6•	—2 4•	+1 5•	—2 1•	—3 0•	+1 7*
—1 2•	+2 6*	+1 10*	+2 0*	—0 10*	—0 2*	—2 2•	—3 11•	+1 10*
+0 4*	+3 6*	+1 6*	+2 2*	+0 2*	+0 11*	—1 6•	—2 11•	+1 6*
+0 4*	+2 6*	+0 6*	+1 7*	—0 2*	+0 8*	—1 3•	—2 5•	+1 8*
—1 2*	+0 1*	—1 0*	+0 2*	—1 11*	+0 2*	—1 5•	+2 1•	+2 7*
—1 0*	+0 1*	—1 7*	—1 1*	—1 10*	—0 1*	—2 0•	+3 6*	+2 0*
—0 4*	+1 6*	—0 4*	+0 1*	—1 0*	+0 8*	—2 5•	+3 6*	+2 0*
0 0*	+1 4*	+0 1*	+0 6*	—0 7*	+1 2*	—2 4•	+5 5*	+2 10*
—0 6*	+1 1*	+0 4*	—0 1*	—1 0*	+1 0*	—1 11•	+4 6*	+3 2*
—0 6*	+1 1*	+2 8*	—0 4*	—1 1*	+0 11*	—2 0	+3 8•	+2 8*
+0 2*	+1 1*	+3 1*	—0 1*	—0 11*	+0 10*	—1 7	+4 5•	+4 1*
+0 7*	+2 6*	+3 7*	—0 4*	—1 0*	+0 4*	—2 0	+0 7	+4 5•
0 0*	+2 1*	+3 2*	—0 10*	—1 2*	—0 1*	—2 4	—0 7	+4 5•
—0 1*	+1 6*	+2 2*	—1 1*	—1 6*	—0 6*	—2 4	—2 6	+2 5•
—2 11•	+3 2*	—0 8•	+0 7*	—1 2*	+0 1•	—2 1•	—1 11	+2 5
—4 7	—2 11	—3 11	—2 5	—4 1•	+0 1•	—1 11•	—1 6	+2 5
—1 8	+1 1	+0 6	—1 11	—1 10	.	.	.	.

XII. SITZUNG VOM 30. APRIL 1874.

Herr Prof. Dr. Emil Weyr in Prag übersendet eine Abhandlung, betitelt: „Die Erzeugung der Curven dritter Ordnung mittelst symmetrischer Elementensysteme zweiten Grades."

Herr Director Dr. Jos. Stefan legt eine Abhandlung: „Versuche über die scheinbare Adhäsion" vor.

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Akademie der Wissenschaften, Ungarische: Almanach. 1869 & 1870. I. füzet. Pesten; 8°. — Értesitö. VI. Évf., 9—17 szám. 1872; VII. Évf. 1—7 szám. 1873. Pest; 8°. — Értekezések, nylvtud. II. Köt. 12. sz.; III. Köt. 1.—7. sz. 1872 & 1873. — Értekez. történettud. II. Köt. 2.—9. sz., 1872 & 1873. — Értekez. philosoph. II. Köt. 3. sz. 1872. — Értekez. társad. II. Köt. 6.—7. sz. 1873. — Értekez. mathemat. II. Köt., 2. sz. 1873. — Értekez. természettud. III. Köt. 4.—14, sz.; IV. Köt. 1.—2. sz. 1872 & 1873. Pest; 8°. — Nyelvtud. Közlemények. X. Köt. 2. füz. Pesten, 1872; 8°. — Archaeolog. Közlem. IX. Köt. 1. füz. Budapest, 1873; folio. — Mathemat. Közlem, VI. Köt. 1868. Pest; 8°. — Évkönyvei. XIII. Köt. 9.—10. darab; XIV. Köt. 1. dar. Pesten, 1872 & 1873; 4°. — A Magyar nyelv szótára. V. Köt. 2.—4. füz. Pest, 1868—1870; 4°. — *Monumenta Hungariae historica. Scriptores.* XXIV. Köt. Budapesten, 1873; 8°. — Török-Magyarkori történelmi emlékek. VIII. Köt. Pest, 1872; 8°. — *Archivum Rákóczianum.* I. oszt. I. Köt. Pesten, 1873; 8°. — Magyarországi régészeti emlétek. II. Köt. 1. rész. Budapest, 1873; 4°. — Magyarország helyrajzi története. II. Köt. Budapest, 1872; 8°. — A helyes magyarság elvei. Budapest, 1873; 8°. — A hazai és külföldi iskolázás a XVI. században. Budapest,

1873; 8°. — A régi Pest. Budapest, 1873; 8°. — *Icones selectae Hymenomycetum Hungariae.* 4°.

Akademie der Wissenschaften, Königl. Preuss., zu Berlin: Inhaltsverzeichniss der Abhandlungen aus den Jahren 1822 bis 1872. Berlin, 1873; 8°.

Apotheker-Verein, allgem. österr.: Zeitschrift (nebst Anzeigen-Blatt). 12. Jahrgang, Nr. 12. Wien, 1874; 8°.

Archiv für die naturwissenschaftliche Landesdurchforschung von Böhmen. Von C. Kořistka und J. Krejči. II. Band, 2. Theil. (Deutsch und böhmisch.) Prag, 1873; 4°.

Astronomische Nachrichten. Nr. 1984—1985. (Bd. 83. 16—17.) Kiel, 1874; 4°.

Ateneo di Brescia: Commentari. Dall' anno 1852 al 1869. Brescia, 1859—1870; 8°. — Gabriele Rosa, Dialetti, costumi e tradizioni nelle provincie di Bergamo e di Brescia. Brescia, 1870; 8°. — Giambattista Brocchi, Sul ferro spatico delle miniere della Valtrompia. 8°.

Bibliothèque Universelle & Revue Suisse: Archives des sciences physiques et naturelles. N. P. Tome XLIX, Nr. 195. Genève, Lausanne, Paris, 1874; 8°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Tome LXXVIII, Nr. 15. Paris, 1874; 4°.

Gesellschaft, österr., für Meteorologie: Zeitschrift. IX. Bd., Nr. 8. Wien, 1874; 4°.

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Wochenschrift. XXXV. Jahrgang, Nr. 12. Wien, 1874; 4°.

Journal für praktische Chemie, von H. Kolbe. N. F. Band IX, 4. & 5. Heft. Leipzig, 1874; 8°.

Königsberg, Universität: Akademische Gelegenheitsschriften aus d. J. 1873. 4° & 8°.

Mittheilungen des k. k. technischen und administrativen Militär-Comité. Jahrgang 1874, 4. Heft. Wien; 8°.

Nature. Nr. 234, Vol. IX. London, 1874; 4°.

Reichsanstalt, k. k. geologische: Jahrbuch. Jahrgang 1874. XXIV. Band. Nr. 1. Wien; 4°. — Verhandlungen. Jahrgang 1874, Nr. 6. Wien; 4°.

„Revue politique et littéraire“ et „Revue scientifique de la France et de l'étranger“. IIIe Année, 2me Série, Nr. 43. Paris, 1874; 4°.

Société Géologique de France: Bulletin. 3me Série. Tome Ier, Nr. 5. Paris, 1872—1873; 8°.

Wiener Medizin. Wochenschrift. XXIV. Jahrgang, Nr. 17. Wien, 1874; 4°.

Zeitschrift des österr. Ingenieur- & Architekten-Vereins. XXVI. Jahrgang, 6. & 7. Heft. Wien, 1874; 4°.

Versuche über die scheinbare Adhäsion.

Von dem w. M. **J. Stefan.**

Mit dem Namen der scheinbaren Adhäsion bezeichne ich die Erscheinung, dass zwei aufeinander gelegte ebene Platten nur unter Aufwand einer Kraft wieder von einander getrennt werden können. Diese Erscheinung ist bisher als eine durch Adhäsion, d. h. durch die Wirkung von Molecularkräften zwischen den benachbarten Theilchen der beiden Platten bedingte aufgefasst und sind auch schon Versuche gemacht worden, die Grösse dieser Adhäsion statisch zu bestimmen.

Es findet in diesem Falle keine unmittelbare Berührung der beiden Platten statt, sondern liegt zwischen denselben eine Luftschicht von verhältnissmässig grosser Dicke. Wählt man nämlich zu dem Versuche zwei Glasplatten, so zeigen sie gewöhnlich die Newton'schen Farben nicht; diese können nur bei ganz ebenen Platten unter Anwendung eines grösseren Druckes zum Vorschein gebracht werden.

Wären also in diesem Falle Molecularkräfte zwischen den Theilchen der beiden Platten in Thätigkeit, so müsste der sogenannte Radius der molecularen Wirkungssphäre eine Grösse besitzen weit über jener Grenze, innerhalb welcher er anderen Erfahrungen zufolge liegt.

Viel auffallender wird die Erscheinung noch, wenn man die beiden Platten unter Wasser bringt. Man kann in diesem Falle eine scheinbare Anziehung zwischen den Platten noch wahrnehmen, wenn ihre Distanz 1 Millimeter beträgt.

Um bestimmte Daten zu erhalten, wurde die eine Platte an eine Wage gehängt, so dass ihre untere Fläche horizontal war, und äquilibrirt. Die zweite Platte war unter der ersten ebenfalls horizontal gestellt. Auf dieselbe wurden drei Stückchen eines

Drahtes gelegt und dann die obere Platte so weit herabgelassen, dass sie auf diesen Drahtstücken auflag. Der Durchmesser des eingelegten Drahtes misst die Distanz der beiden Platten. Zum Losreissen der oberen Platte von der unteren ist die Einlage eines Übergewichtes in die äquilibrirende Wagschale nothwendig. Es stellte sich heraus, dass dieses Übergewicht um so grösser sein muss, je dünner die zwischen die Platten gelegten Drähte und je grösser die Platten sind. Es erwies sich auch dieses Übergewicht abhängig von der Natur der Flüssigkeit, in welche die Platten getaucht sind.

Für die Grösse des zum Abheben der Oberplatte nöthigen Gewichtes ergaben sich jedoch bei den unter gleichen Bedingungen wiederholten Versuchen keine übereinstimmenden Zahlen. Ich fand auch bald, dass diese Art des Experimentirens, nämlich die Bestimmung der Abreissgewichte, keinen physikalischen Sinn hat, dass es bei dieser Erscheinung kein statisches Verhältniss zu eruiren gibt, sondern dass es sich um ein dynamisches Problem handelt.

Es genügt nämlich jedes beliebige Übergewicht, um die obere Platte von der unteren abzuheben; nur ist die Zeit, in welcher dies geschieht, um so grösser, je kleiner das Übergewicht ist. Das bei dieser Erscheinung zu Messende ist die continuirliche Bewegung, in welche die Oberplatte durch ein aufgelegtes Übergewicht versetzt wird und in Folge welcher sie sich von der unteren Platte allsogleich nach der Auflage des Übergewichtes allmälig entfernt.

Die Bewegung ist anfänglich eine ausserordentlich langsame. Namentlich, wenn der zwischen die Platten gelegte Draht dünn und das gewählte Übergewicht klein ist, bleibt längere Zeit hindurch die Stellung der Zunge der Wage scheinbar dieselbe. Man kann sich jedoch davon, dass zugleich mit der Auflage des Übergewichtes die Bewegung beginnt, durch optische Hilfsmittel überzeugen. Bringt man z. B. die Platten so nahe an einander, dass bei Beleuchtung mit einer Natriumflamme die Interferenz des Lichtes in der zwischen den Platten befindlichen dünnen Schicht sichtbar wird und legt ein Übergewicht auf, so rücken die Interferenzstreifen langsam zusammen und werden bald wegen zu grosser Feinheit unsichtbar, bevor man noch an

der Zunge der Wage eine Verschiebung merkt. Ich will einen speciellen Fall anführen: Die Distanz zwischen zwei Platten von 155 Mm. Durchmesser, welche unter Wasser anfänglich um 0·1 Mm. von einander abstehen, wird durch den continuirlichen Zug eines Grammes um 0·01 Mm. erst in anderthalb, um 0·1 Mm. erst in sieben Minuten vergrössert. Dadurch wird erklärlich, wie man die Beobachtung auf kurze Zeit beschränkend zur Annahme eines statischen Gleichgewichtes verleitet werden kann.

Nachdem der dynamische Charakter des Phänomens erkannt ist, ist es nicht mehr schwer, wenigstens in allgemeinen Umrissen die Vorgänge darzustellen, welche sich bei demselben abwickeln.

Es seien die beiden Platten zuerst in einer bestimmten Distanz von einander in Ruhe und die obere Platte äquilibrirt. Bringt man ein Übergewicht auf die Wage, so erhält die obere Platte durch den Zug dieses Gewichtes zuerst eine unendlich kleine Verschiebung. Dadurch vergrössert sich der Raum zwischen den beiden Platten, die in diesem Raume befindliche Flüssigkeit erfährt eine Dilatation, und diese hat eine Abnahme des hydrostatischen Druckes der Flüssigkeit zwischen den beiden Platten zur Folge.

Wird aber die obere Platte von der Flüssigkeit von unten schwächer gedrückt als vorher, so bleibt von dem Drucke, mit welchem die äussere Flüssigkeit auf diese Platte von oben drückt, ein uncompensirter Theil übrig, der dem Zuge des Übergewichtes entgegenwirkt.

Zwischen diesen beiden Kräften kann sich jedoch kein Gleichgewicht herstellen, weil die Verminderung des hydrostatischen Druckes zwischen den Platten ein Einströmen der unter höherem Drucke stehenden äusseren Flüssigkeit zur Folge hat. Dadurch wird die Druckdifferenz wieder vermindert. Die Platte kann durch das Übergewicht neuerdings gehoben werden und der beschriebene Vorgang wiederholt sich in continuirlicher Weise.

Die aus der Dilatation der Flüssigkeit entspringende, dem Zuge des Übergewichtes entgegengesetzte Kraft wird um so mehr zur Wirksamkeit kommen, je langsamer die Flüssigkeit

von aussen in den Raum zwischen den Platten einströmt. Bei derselben Druckdifferenz wird die Strömungsgeschwindigkeit um so kleiner, je enger die Strombahn und je länger dieselbe ist. Es wird demnach auch die Geschwindigkeit, mit welcher sich die Platten von einander entfernen, unter sonst gleichen Umständen um so kleiner sein, je näher die beiden Platten einander und je grösser die Platten sind.

Ferner wird bei derselben Differenz des hydrostatischen Druckes die Geschwindigkeit der Strömung um so kleiner, je grösser die Zähigkeit oder die innere Reibung der Flüssigkeit ist. Es wird daher auch die Geschwindigkeit, mit welcher die Platten von einander sich entfernen, bei sonst gleichen Umständen abhängig sein von der Natur der Flüssigkeit, in welche die Platten getaucht sind, der Art, dass die Geschwindigkeit um so kleiner wird, je zäher die Flüssigkeit ist.

Zur genaueren Ermittlung dieser Beziehungen habe ich eine Anzahl von Versuchen gemacht, deren Resultate ich im Folgenden mittheile. Ich beschränkte mich bei denselben auf die Bestimmung der Zeit, welche die obere Platte braucht, um aus einer gegebenen anfänglichen in eine bestimmte andere Distanz von der unteren Platte zu gelangen. Die anfängliche Distanz der Platten ist gegeben durch die Durchmesser der drei zwischen dieselben gelegten Drahtstücke, die andere Distanz ist bestimmt durch einen Strich am Präcisionsbogen, an welchem die Bewegung der Zunge der Wage beobachtet wird. Diese zweite Distanz beträgt für alle Versuche 0·26 Centimeter.

Es haben sich zwischen den bei verschiedenen Versuchen variirten Grössen einige sehr einfache Beziehungen ergeben.

Es stellte sich zuerst in grosser Schärfe sowohl für die Bewegung der Platten in tropfbaren Flüssigkeiten als auch in der Luft das Gesetz heraus, dass die Zeit, in welcher sich die beiden Platten aus einer gegebenen anfänglichen in eine bestimmte andere Distanz entfernen, dem aufgelegten Übergewichte verkehrt proportional ist.

Die bezeichnete Zeit wird bei demselben Übergewichte um so grösser, je kleiner die anfängliche Distanz der Platten, doch in viel stärkerem Verhältnisse, als im einfachen. Sie wächst

nahezu im quadratischen Verhältnisse, wenn die Plattendistanz im einfachen kleiner wird.

Diese Zeit ist ferner um so grösser, je grösser die zu dem Versuche gewählten Platten sind. Bei sonst gleichen Verhältnissen verhalten sich die Zeiten bei zwei verschiedenen Plattenpaaren, wie die vierten Potenzen der Radien der Platten.

Was endlich den Einfluss der Natur der Flüssigkeit anbetrifft, so lieferten die mit Wasser, einer Salzlösung, Alkohol und Luft gemachten Versuche das übereinstimmende Resultat, dass sich die gedachten Zeiten verhalten wie jene, in welchen unter gleichem Drucke gleiche Volumina dieser Flüssigkeiten durch eine Capillarröhre strömen.

Damit ist klar dargethan, dass es sich bei dieser Erscheinung um ein Problem der Hydrodynamik handelt, und den Schluss dieser Abhandlung bildet ein Versuch einer theoretischen Lösung dieses Problems. Den Ausgangspunkt dieses Versuches bildet folgende Betrachtung.

Wird auf eine Schale einer im Gleichgewichte stehenden Wage ein Gewicht gelegt, so leistet die Schwere während des Sinkens des Gewichtes eine Arbeit, deren Äquivalent in der lebendigen Kraft des Gewichtes und hauptsächlich der Wagebestandtheile liegt. Bei den vorliegenden Versuchen ist aber die Bewegung der Wage eine so ungemein langsame, dass ihre lebendige Kraft gegen die Arbeit der Schwere verschwindet. Letztere muss also in einer anderen Arbeit ihr Äquivalent haben, und zwar hat sie es in jener Arbeit, welche zur Unterhaltung der Strömung der Flüssigkeit aus dem äusseren in den von den Platten eingeschlossenen Raum nothwendig ist.

Es handelt sich nun darum, für diese Arbeit einen Ausdruck zu finden, um durch Gleichsetzung desselben mit der Arbeit der Schwere eine die Bewegung bestimmende Gleichung zu gewinnen.

Aus den verschiedenen Bedingungen, welche die Strömung erfüllen muss, lässt sich eine Formel für die Geschwindigkeit [illegible] in jedem Punkte zwischen den Platten aufstellen, welche, wenn auch nicht genau, so doch mit grosser Annäherung die stattfindenden Verhältnisse wiedergeben dürfte.

Auf Grund dieser Formel kann die zur Unterhaltung der Strömung nöthige Arbeit berechnet werden und die Gleichstellung dieser Arbeit mit jener des sinkenden Gewichtes gibt eine Gleichung, aus der die Zeit bestimmt werden kann, welche die obere Platte braucht, um aus einer gegebenen Anfangslage in eine bestimmte Distanz von der unteren Platte zu gelangen. Die für diese Zeit gefundene Formel spricht alle die verschiedenen Beziehungen aus, zu welchen die Versuche geführt haben.

Diese Formel gestattet auch noch, die Coëfficienten der inneren Reibung aus den Versuchen zu berechnen und es ergibt sich für Wasser von der Temperatur von 19° derselbe = 0·0108, für Luft 0·00183, welche zwei Zahlen mit den aus den Versuchen von Poiseuille ableitbaren und von Maxwell und O. E. Meyer bestimmten Werthen fast genau zusammenfallen.

Die Übereinstimmung zwischen den Resultaten der Versuche und der theoretischen Entwicklung konnte jedoch nur unter der Annahme, dass die Flüssigkeit an den Platten nicht vollkommen ruhig sei, sondern längs denselben gleite, erzielt werden, während bei den Versuchen über die Strömung der Flüssigkeiten durch capillare Glasröhren die Annahme, dass die Flüssigkeit an der Röhrenwand die Geschwindigkeit Null hat, vollkommen den Beobachtungen entspricht. Zur vollständigen Aufklärung dieser Differenz zwischen den Ergebnissen verschiedener Beobachtungen wird es noch einer weiteren Reihe von Versuchen bedürfen; mit den in diesem Aufsatze mitgetheilten beabsichtigte ich zunächst nur die Hauptfrage zu lösen, nämlich die Natur der scheinbaren Adhäsion festzustellen und so für diese Erscheinung den richtigen Platz in der Physik zu bestimmen.

Der Apparat, welchen ich bei den Versuchen verwendete, ist sehr einfach. Auf einen mit Stellschrauben versehenen Dreifuss wird eine weite cylindrische Glasschale gesetzt und durch drei verschiebbare Widerlager festgehalten. In dieser Schale wird durch passend ausgeschnittene Korke die eine Glasplatte, die untere, ebenfalls fix angebracht und mittelst der Stellschrauben horizontal gestellt.

Die zweite Platte ist eine sogenannte Adhäsionsplatte, welche ich sonst zu den bekannten in das Capitel der Capillaritätserscheinungen gehörenden Versuchen benütze. Man pflegt die Adhäsionsplatten, um selbe horizontal stellen zu können, gewöhnlich an drei Fäden, welche von drei Punkten der Platte ausgehen und dann zusammengeführt werden, aufzuhängen. Meine Platten haben eine andere Einrichtung. Auf der oberen Seite der Glasplatte ist centrisch eine kleine Messingplatte aufgekittet. Diese hat in der Mitte eine Verstärkung, auf welche ein Messingrohr aufgelöthet und in welche ein Stahldraht eingeschraubt ist. Dieser ist am oberen Ende hakenförmig gekrümmt, um die Aufhängung der Platte an der Wage zu ermöglichen. Das erwähnte Messingrohr reicht bis zur halben Höhe dieses Stahldrahtes, hat am oberen Ende eine Verstärkung und durch diese gehen drei Schrauben bis an den Stahldraht. Mit Hilfe dieser Schrauben kann man dem Stahldraht jene Stellung geben, bei welcher die untere Fläche der Platte horizontal wird. Als Kennzeichen für die richtige Stellung kann man den Umstand benützen, dass dann beim Abheben der Platte von der Oberfläche einer Flüssigkeit diese von allen Punkten der Peripherie gegen das Centrum sich zusammenzieht.

Für die hier in Frage stehenden Versuche ist es übrigens nicht nothwendig, dass die beiden einander zugekehrten Flächen der Platten horizontal sind, es ist nur nothwendig, dass sie parallel sind, welche Bedingung auch mit Hilfe optischer Kennzeichen hergestellt werden kann.

I. Versuch.

Zwei Glasplatten von 155 Centimeter Durchmesser unter Wasser. Die Temperatur des Wassers bei diesem so wie auch bei den folgenden Versuchen $= 19°$ C. Der Durchmesser des dazwischen gelegten Drahtes misst 0·0213 Cm.

Die obere Platte entfernte sich von der unteren bis auf 0·26 Cm. Distanz bei aufgelegtem Übergewichte

$q =$	20 Grm.	in $t =$	8·5 Secunden
	15		11·5
	10		17
	7		24

$q =$	5 Grm.	in $t =$	34 Secunden
	4		43
	3		56·5
	2		85
	1		175

Es geht aus dieser Tabelle hervor, dass die Zeit, in welcher sich die Platten auf eine bestimmte Distanz entfernen, dem aufgelegten Übergewichte verkehrt proportional ist. Man erhält für das Product qt aus den neun Paaren von Factoren die Werthe

170, 172·5, 170, 168, 170, 172, 169·5, 170, 175,

welche von ihrem Mittelwerthe 170·8 so wenig abweichen, dass der ausgesprochene Satz als hinreichend begründet angesehen werden kann.

II. Versuch.

Dieselben Platten unter Wasser.

Durchmesser des eingelegten Drahtes 0·035 Cm.

Die Plattendistanz stieg auf die angegebene Grösse beim Übergewichte

$q =$	5 Grm.	in $t =$	13·5″
	3		23
	2		33·5
	1		68

Demselben Übergewichte entsprechen jetzt viel kleinere Zeiten als bei dem vorhergehenden Versuche; diese Zeiten selbst erscheinen wieder den zugehörigen Übergewichten verkehrt proportional. Für das Product qt ergeben sich die Zahlen

67·5, 69, 67, 68,

ihr Mittelwerth 67·9 ist 2·52mal kleiner als der für das Product qt aus dem ersten Versuche abgeleitete Werth 170·8. Dieses Product ist also abhängig vom Durchmesser des zwischen die Platten gelegten Drahtes, es nimmt mit wachsendem Durchmesser ab, und zwar in einem viel stärkeren Verhältnisse als in dem einfachen. Es ist das Product qt nahe dem Quadrate des

Durchmessers des eingelegten Drahtes verkehrt proportional. Es ist jedoch dies nur so zu nehmen, dass unter den ganzen Potenzen die reciproke zweite am nächsten die zwischen diesem Durchmesser und dem Producte qt bestehende Relation darstellt. Bildet man das Product qta^2, unter a den Durchmesser des Zwischendrahtes verstanden, aus den Daten des ersten Versuches, so erhält man dafür die Zahl 0·0775, während aus den Daten des zweiten Versuches die Zahl 0·0831 sich ergibt.

III. Versuch.

Dieselben Platten unter Wasser.

Durchmesser des Zwischendrahtes 0·0573.

Es wurden folgende zusammengehörige Werthe von q und t gefunden:

$q = 2$ Grm.,	$t = 13{\cdot}5''$
1·5	18
1	27

Das Product qt ist in diesem Falle 27, für das Product qta^2 erhält man 0·0886.

IV. Versuch.

Dieselben Platten unter Wasser.

Durchmesser des eingelegten Drahtes 0·011 Cm.

Es ergab sich für

$q = 20$ Grm.,	$t = 27''$
10	54
5	107

Daraus folgen für qt die Werthe

540, 540, 535.

Das Mittel derselben ist 538 und gibt mit dem Quadraten des Drahtdurchmessers multiplicirt die Zahl 0·0663.

Aus diesen vier Versuchen geht hervor, dass das Product qta^2 um so kleiner ausfällt, je kleiner der Durchmesser a ist.

Ziemlich nahe entspricht den Beobachtungen die Formel

$$qta^2 + 0{\cdot}00444\,qta = b.$$

Man erhält nämlich für die vier Versuche, dieselben nach den Durchmessern der Drähte geordnet,

a	qta	qta^2	b
0·0573	1·5471	0·0886	0·0954
0·0350	2·3765	0·0831	0·0937
0·0213	3·6380	0·0775	0·0937
0·0111	5·9718	0·0663	0·0928

V. Versuch.

Zu diesem wurden zwei andere Glasplatten verwendet. Der Durchmesser derselben beträgt 10·5 Ctm. Der zwischen die beiden Platten gelegte Draht war derselbe wie beim ersten Versuch, sein Durchmesser also 0·0213 Ctm.

Die obere Platte hob sich bis auf 0·26 Ctm. Distanz ab beim Übergewichte.

$$q = 2 \text{ Grm.} \text{ in } t = 17''$$
$$1 \qquad\qquad 35''$$

Vergleicht man die Zahlen des ersten Versuches mit den jetzt gefundenen, so sieht man, dass erstere fast genau 5mal grösser sind als die letzteren. Die Durchmesser der beim ersten und vierten Versuche angewendeten Scheiben verhalten sich zu einander wie 3 zu 2 und gibt die vierte Potenz dieses Quotienten nahe die Zahl 5. Man kann daraus schliessen, dass die Zeiten, in welchen zwei Platten durch ein Übergewicht bis auf eine bestimmte Distanz von einander gezogen werden, den vierten Potenzen der Radien der Platten proportional sind.

VI. Versuch.

Bei diesem Versuche wurden dieselben Platten und derselbe Zwischendraht verwendet wie beim ersten Versuch, nur waren die Platten statt in Wasser in eine Kochsalzlösung vom specifischen Gewichte 1·135 eingetaucht.

Die obere Platte entfernte sich von der unteren bis auf 0·26 Cm. Distanz beim Übergewichte

$$q = 10 \text{ Grm.} \text{ in } t = 28''$$
$$5 \qquad\qquad 54$$
$$2 \qquad\qquad 135$$

Die Zeiten t sind bei demselben Übergewichte für die Salzlösung im Mittel 1·6mal grösser, als für Wasser.

Die Bedeutung dieses Verhältnisses wurde durch zwei Ausflussversuche klar. Es wurden die Zeiten bestimmt, in welchen gleiche Volumina Wasser und Salzlösung aus derselben mittleren Höhe durch eine Capillarröhre ausströmten. Diese Zeit betrug für das Wasser 375″ und für die Salzlösung 540″. Da der Druck, unter welchem die Salzlösung ausströmte, in dem Verhältnisse ihres specifischen Gewichtes grösser war als der Druck, unter welchem das Wasser ausfloss, so folgt, dass gleiche Volumina vom Wasser und von der Salzlösung unter gleichem Drucke in 375″ und 613″ ausströmen würden. Von diesen beiden Zahlen ist aber die zweite 1·63mal grösser als die erste, und diese Zahl stimmt mit der oben gefundenen Verhältnisszahl 1·6 sehr nahe überein. Es folgt daraus, dass die Zeiten, in welchen sich die zwei Platten aus gleichen Anfangslagen in gleiche Endlagen in verschiedenen Flüssigkeiten bewegen, sich verhalten wie jene, in welchen unter gleichem Drucke gleiche Volumina der zwei Flüssigkeiten durch eine Capillarröhre strömen.

VII. Versuch.

Dieselben Platten mit demselben Zwischendrahte, wie vorher, aber in Alkohol vom specifischen Gewichte 0·851 getaucht.

Die Platten kamen in die angegebene Distanz beim Übergewichte

$q =$	10 Grm.	in $t =$	34″
	5		71
	2		165

Die Zeiten t sind bei demselben Übergewichte für den Alkohol im Mittel doppelt so gross, als sie für das Wasser gefunden wurden.

Ein Ausflussversuch ergab als Ausflusszeit 895″. Diese Zahl mit dem specifischen Gewichte des Alkohols multiplicirt gibt 762″, welche 2·03mal grösser ist, als die für das Wasser gefundene Ausflusszeit von 375″. Es bestätigt also dieser Versuch den aus dem vorhergehenden gefolgerten Satz.

Für das Product qt folgen die Werthe

340, 355, 330,

deren Mittel 342. Daraus erhält man

$$qta = 7{\cdot}2846$$

und

$$qta^2 = 0{\cdot}1552.$$

VIII. Versuch.

Dieselben Platten in demselben Alkohol.

Durchmesser des eingelegten Drahtes wie beim vierten Versuche = 0·0111 Cm.

Es wurde gefunden für

$q = 40$ Grm.	$t = 27''$
20	53

Daraus ergeben sich

$$qt = 1070,\ qta = 11{\cdot}877$$

und

$$qta^2 = 0{\cdot}1318.$$

Auch für Alkohol ist qta^2 für kleinere a kleiner, als für grössere, wie dies für Wasser gefunden wurde. Die aus den letzten zwei Versuchen abgeleiteten Werthe von qta und qta^2 lassen sich durch die Gleichung

$$qta^2 + 0{\cdot}0051\ qta = 0{\cdot}1924$$

verbinden.

IX. Versuch.

Dieselben Platten in Luft.

Durchmesser des eingelegten Drahtes, wie beim ersten Versuche = 0·0213 Cm.

Es wurde für

$q = 0{\cdot}25$ Grm.	$t = 12{\cdot}2''$
0·2	15·2
0·15	20·4
0·1	30·7

gefunden. Die für t angesetzten Zahlen sind Mittel aus mehreren Bestimmungen. Für das Product qt erhält man die vier Werthe

3·05, 3·04, 3·06, 3·07.

Das Gesetz, dass die Zeiten t den Übergewichten q verkehrt proportional sind, gilt also auch für die Bewegung der Platten in der Luft.

Der Mittelwerth 3·05 des Productes qt ist 56·2mal kleiner als der Werth dieses Productes, wie er im ersten Versuche gefunden wurde. Aus den Versuchen von Poiseuille, O. E. Meyer und Maxwell ergibt sich nahezu dasselbe Verhältniss zwischen den Coëfficienten der inneren Reibung der Luft und des Wassers für die Temperatur von 19° C. Die aus den zwei vorhergehenden Versuchen gezogene Folgerung behält ihre Giltigkeit auch noch für die Luft.

Für die Producte qta und qta^2 ergeben sich aus diesem Versuche die Werthe 0·06496 und 0·00138.

X. Versuch.

Dieselben Platten in Luft.

Durchmesser des Zwischendrahtes, wie beim vierten Versuche = 0·0111 Cm.

Es wurde gefunden für

$q = 1$	Grm.	$t =$	10·5″
0·5			20
0·3			33
0·2			48
0·1			100

Daraus folgen für qt die Werthe

10·5, 10, 9·9, 9·6, 10

ihr Mittel ist 10. Ferner erhält man

$$qta = 0{\cdot}111, \quad qta^2 = 0{\cdot}00123.$$

XI. Versuch.

Dieselben Platten in Luft.

Durchmesser des eingelegten Drahtes = 0·0060 Cm.

Es ergaben sich für

$q = 2$ Grm.	$t = 14''$
1	27·5
0·5	54

woraus für qt die Werthe

28, 27·5, 27

folgen, deren Mittel 27·5 ist. Das Product qta ist = 0·165 und $qta^2 = 0{\cdot}00099$.

Für die letzten drei Versuche lässt sich ähnlich, wie für die vier ersten, eine Formel aufstellen

$$qta^2 + 0{\cdot}0033\, qta = b$$

unter b eine Constante verstanden. Es ergibt sich folgende Tabelle

a	qta	qta^2	b
0·0213	0·06496	0·00138	0·00159
0·0111	0·11100	0·00123	0·00159
0·0060	0·16500	0·00099	0·00153

Ich füge hier einige auf alle Versuche sich beziehende Bemerkungen hinzu.

Von der grössten Wichtigkeit ist es, dass die einander zugekehrten Flächen der zwei Platten parallel sind. Ruht die obere Platte auf den drei Drahtstücken, welche auf die untere gelegt sind, so ist der Parallelismus allerdings vorhanden, wenn die Flächen eben, die Drahtstücke gleich dick sind. Es ist aber auch nothwendig, dass nach Auflage des Übergewichtes, wenn die Oberplatte sich abhebt, die gedachten Flächen parallel bleiben. Ist dies nicht der Fall, so erhält man für die Zeit t um so kleinere Werthe, je grösser die Abweichung vom Parallelismus ist. Auch ist dann für eine und dieselbe Versuchsreihe das Product qt nicht mehr constant, sondern wird für kleinere Übergewichte kleiner als für grosse. Man kann diesen Umstand

selbst als Kennzeichen dafür benützen, ob die Bedingung der Parallelbewegung erfüllt ist oder nicht. Man kann aber auch optische Hilfsmittel dazu benützen, wie Bilder entfernter Gegenstände, bei den Versuchen in der Luft auch die Interferenzerscheinungen, zu welchen die sehr nahen dicken Glasplatten Veranlassung geben.

Bei den Versuchen in der Luft ist noch darauf zu achten, dass die Glasplatten nicht elektrisch sind, was unmittelbar nach der Reinigung derselben immer der Fall ist. Bei den Versuchen zeigt sich dieser Umstand dadurch an, dass das Product qt für kleinere Übergewichte immer grösser wird. Es gibt dann auch ein Übergewicht, welches nicht mehr im Stande ist, die Platten von einander zu entfernen.

Die elektrische Anziehung zwischen den zwei Platten kann sehr bedeutend werden. Waren z. B. beide Platten unelektrisch und der Draht von 0·0213 Cm. Dicke zwischen dieselben gelegt, so genügte das Reiben der oberen Platte mit einem Korke, um eine Anziehung zu erzeugen, zu deren Überwindung mehr als 20 Grm. erforderlich waren.

Eine exacte theoretische Behandlung dieser Versuche ist bei der grossen Complication, welche dieses Problem in analytischer Beziehung darbietet, nicht möglich. Wohl aber lässt sich eine approximative Auflösung desselben in folgender Weise entwickeln.

Der Abstand der beiden Platten zur Zeit t sei α und vergrössere sich in der Zeit dt um $d\alpha$. Gleichzeitig mit der Bewegung der oberen Platte findet eine Strömung der Flüssigkeit statt, in welche die Platten getaucht sind, und zwar vom Rande gegen das Centrum des scheibenförmigen Zwischenraumes zwischen den Platten. Die Geschwindigkeit dieser Strömung in irgend einem Punkte sei u. Sie wird nur abhängig sein von der Distanz r dieses Punktes von der Axe, und von seiner Höhe z über der unteren Platte.

Ich nehme an, dass u durch folgende Formel bestimmt werden könne.

$$u = Cr^n(\alpha z - z)$$

worin C eine von r und z unabhängige und ebenso n eine constante Zahl darstellt.

Die Formel ist so gewählt, dass für $r = 0$ auch $u = 0$ wird, eine Annahme, deren Nothwendigkeit klar ist.

Es wird aber u noch ausserdem $= 0$ für $z = 0$ und $z = \alpha$, also an den beiden die strömende Flüssigkeit begrenzenden Glasflächen. Diese Annahme erscheint gerechtfertigt durch die über die Bewegung von Flüssigkeiten in Capillarröhren gemachten Erfahrungen. Benetzt die Flüssigkeit die Röhrenwand vollständig, so ist die Geschwindigkeit an der Wand $= 0$. Es ist dies die Bedingung, unter welcher für den Ausfluss des Flüssigkeiten durch Röhren das Poiseuille'sche Gesetz gilt.

Zur Bestimmung der Constanten C und n führt folgende Betrachtung.

Beschreibt man mit dem Radius r von der Axe aus in der Höhe z einen Kreis, so stellt $2\pi r dz$ das Element einer Cylinderfläche dar, durch welches in der Zeit dt die Flüssigkeitsmenge

$$2\pi r u dz dt$$

gegen das Centrum strömt. Das Volumen der Flüssigkeit, welches durch die ganze Cylinderfläche vom Radius r und der Höhe α in der Zeit dt strömt, erhält man aus diesem Ausdrucke durch Integration desselben nach z von 0 bis α. Setzt man den angenommenen Werth von u ein und führt diese Integration aus, so erhält man den Ausdruck

$$\frac{1}{3}\pi C \alpha^3 r^{n+1} dt.$$

Dieses Volumen füllt den Raum aus, um welchen sich der Inhalt des Cylinders vom Radius r in der Zeit dt durch die Erhebung der oberen Platte um $d\alpha$ vergrössert. Dieser Raum ist $\pi r^2 d\alpha$. Aus der Gleichung

$$\frac{1}{3}\pi C \alpha^3 r^{n+1} dt = \pi r^2 d\alpha$$

folgt sofort

$$n = 1, \quad C = \frac{3}{\alpha^3}\frac{d\alpha}{dt}.$$

Es besteht sonach für u die Gleichung

$$u = \frac{3r}{\alpha^3} \cdot \frac{d\alpha}{dt}(\alpha z - z^2).$$

Zur Überwindung der inneren Reibung, welche bei dieser Strömung stattfindet, ist eine Arbeit erforderlich, welche auf folgende Weise bestimmt werden kann. Die Grösse der inneren Reibung ist, wenn nur auf die Geschwindigkeitsdifferenzen der übereinander liegenden Flüssigkeitsschichten Rücksicht genommen wird, gegeben durch $\mu \frac{d^2u}{dz^2}$. Strömt in der Zeit dt durch den Ring $2\pi r dz$ bis zum Ringe $2\pi(r-dr)dz$ die Flüssigkeitsmenge $2\pi r u dz dt$, so ist die zur Überwindung der Reibung auf dem Wege $-dr$ nöthige Arbeit

$$-2\pi\mu r u \frac{d^2u}{dz^2} dr dz dt.$$

Die auf die ganze zwischen den Platten enthaltene Flüssigkeitsmasse entfallende Arbeit wird aus diesem Ausdrucke durch eine zweifache Integration nach r von 0 bis R, wenn R den Radius der Glasplatten bedeutet, und nach z von 0 bis α erhalten. Das Resultat ist

$$\frac{3\pi\mu R^4}{2\alpha^3}\left(\frac{d\alpha}{dt}\right)^2 dt.$$

Ausser der radialen Geschwindigkeit hat die zwischen den Platten befindliche Flüssigkeit auch noch eine verticale der Art, dass diese an der unteren Platte $= 0$, an der oberen $= \frac{d\alpha}{dt}$ ist. Die Arbeit, welche zur Überwindung der mit dieser Bewegung verbundenen inneren Reibung nothwendig ist, ist jedoch sehr klein gegen die soeben berechnete, wenn der Abstand der Platten klein ist im Vergleich zur Grösse ihrer Radien.

Die Reibungsarbeit wird geleistet durch das in der Zeit dt um $d\alpha$ fallende Übergewicht q. Ein Theil der Arbeit dieses Gewichtes setzt sich allerdings auch in lebendige Kraft der Glasplatte und der Wage um; wird auch dieser Theil vernachlässigt, so bleibt die Gleichung

$$\frac{3\pi\mu R^4}{2\alpha^3}\left(\frac{d\alpha}{dt}\right)^2 dt = q d\alpha$$

oder

$$dt = \frac{3\pi\mu R^4 d\alpha}{2q\alpha^3}$$

woraus sich durch Integration

$$t = \frac{3\pi\mu R^4}{4q}\left(\frac{1}{a^2} - \frac{1}{\alpha^2}\right)$$

ergibt, wenn a den Werth, welchen α zur Zeit $t = 0$ besitzt, bedeutet.

Diese Formel enthält drei Beziehungen, zu welchen die Versuche geführt haben. Sie gibt die Zeit t dem Übergewichte q verkehrt, der vierten Potenz des Radius der Platten und dem Coëfficienten der inneren Reibung der Flüssigkeit direct proportional.

Hingegen stellt sie die Abhängigkeit der Zeit t von a nicht in der Weise dar, wie selbe in den Versuchen zum Vorschein kam. Ist α gross gegen a, so kann man $\frac{1}{\alpha^2}$ gegen $\frac{1}{a^2}$ vernachlässigen. Es ist dies wenigstens bei den mit den dünneren Drähten ausgeführten Versuchen erlaubt. Dann bleibt die Formel

$$t = \frac{3\pi\mu R^4}{4qa^2}$$

welche t dem Quadrate der anfänglichen Distanz der Platten verkehrt proportional gibt. Die Versuche lehrten, dass dieses Gesetz nur eine grobe Annäherung an die Wirklichkeit ist, dass vielmehr das Product qta^2 für dasselbe Plattenpaar und dieselbe Flüssigkeit um so kleiner wird, je kleiner die Distanz a ist.

Man erhält ein mit den Beobachtungen besser stimmendes Resultat, wenn man die in der vorhergehenden Ableitung gemachte Annahme, die radiale Geschwindigkeit der Flüssigkeit an ihren Berührungsflächen mit den Platten sei $= 0$, fallen lässt.

Ich setze nunmehr

$$u = Cr(\alpha z - z^2 + \beta)$$

so dass $Cr\beta$ die Geschwindigkeit der Flüssigkeit an der Berührungsfläche der unteren und der oberen Platte bedeutet.

Wenn die Flüssigkeit an einer Wand gleitet, so gilt für die Wand die Bedingungsgleichung

$$\mu \frac{du}{dn} + \nu u = 0$$

worin μ den Coëfficienten der inneren Reibung, ν den Coëfficienten der Reibung zwischen Wand und Flüssigkeit bedeutet. $\frac{du}{dn}$ stellt den Differentialquotienten von u nach der aus der Flüssigkeit in die Wand gehenden Normale zur Wand dar.

Wendet man diese Gleichung auf die obige Formel für u an, so erhält man

$$\beta = \frac{\alpha\mu}{\nu}$$

somit wird

$$u = Cr\left(\alpha z - z^2 + \frac{\alpha\mu}{\nu}\right).$$

Aus der Bedingung, dass das von 0 bis α genommene Integral von $2\pi r u dz dt$ der Grösse $\pi r^2 d\alpha$ gleich sein müsse, erhält man nunmehr

$$C = \frac{3\frac{d\alpha}{dt}}{\alpha^3 + \frac{6\mu\alpha^2}{\nu}}.$$

Ferner liefert das die Reibungsarbeit ausdrückende Integral von

$$-2\pi\mu r u \frac{d^2u}{dz^2} dr dz dt$$

den Ausdruck

$$\frac{3\pi\mu R^4}{2\left(\alpha^3 + \frac{6\mu\alpha^2}{\nu}\right)}\left(\frac{d\alpha}{dt}\right)^2 dt.$$

Wird dieser der Arbeit $q d\alpha$ gleichgesetzt, so hat man die Gleichung

$$dt = \frac{3\pi\mu R^4 d\alpha}{2q\left(\alpha^3 + \frac{6\mu\alpha^2}{\nu}\right)}.$$

Das Integral derselben ist

$$t = \frac{3\pi\mu R^4}{2q}\left[\frac{\nu}{6\mu}\left(\frac{1}{a} - \frac{1}{\alpha}\right) - \frac{\nu^2}{36\mu^2}\log\frac{1+\frac{6\mu}{\nu\alpha}}{1+\frac{6\mu}{\nu a}}\right]$$

worin wieder a den Werth, welchen α zur Zeit $t = 0$ besitzt, bedeutet.

Ist α gross gegen a, so kann man für t die einfachere Formel

$$t = \frac{3\pi\mu R^4}{2q}\left[\frac{\nu}{6\mu a} - \frac{\nu^2}{36\mu^2}\log\left(1+\frac{6\mu}{\nu a}\right)\right]$$

annehmen.

Ist ν sehr gross, so ist die Limite dieses Ausdruckes die früher für t gefundene Formel. Für $\nu = \infty$ wird eben die Geschwindigkeit der Flüssigkeit an der Wand $= 0$.

Der leichteren Übersicht wegen möge

$$\frac{6\mu}{\nu a} = \delta$$

gesetzt werden. Man hat dann

$$t = \frac{3\pi\mu R^4}{2qa^2}\left[\frac{1}{\delta} - \frac{1}{\delta^2}\log(1+\delta)\right]$$

und wenn man den Logarithmus in eine Reihe entwickelt, so wird

$$t = \frac{3\pi\mu R^4}{4qa^2}\left(1 - \frac{2}{3}\delta + \frac{2}{4}\delta^2 - \frac{2}{5}\delta^3 + \ldots\right)$$

Wenn auch δ nicht sehr klein, so wird die in dieser Formel stehende Reihe von

$$\frac{1}{1+\frac{2}{3}\delta}$$

nicht viel verschieden sein. Setzt man also

$$t = \frac{3\pi\mu R^4}{4qa^2}\cdot\frac{1}{1+\frac{2}{3}\delta} = \frac{3\pi\mu R^4}{4qa^2 + \frac{16q\mu a}{\nu}}$$

so hat man die Formel, welche oben zur Darstellung der Beobachtungen verwendet wurde. Es ist

$$qta^2 + qta\cdot\frac{4\mu}{\nu} = \frac{3\pi\mu R^4}{4}$$

und der auf der zweiten Seite dieser Gleichung stehende Ausdruck ist gleichbedeutend mit der früher gebrauchten Grösse b.

Man kann nun die oben gefundenen Werthe von b für Wasser und Luft benützen, um die Constante μ zu bestimmen und der Vergleich der dafür sich ergebenden Zahlen mit den auf andere Art gefundenen wird zugleich lehren, wie weit die theoretische Betrachtung mit den Beobachtungen nicht nur formel- sondern auch ziffermässig in Übereinstimmung steht.

Nehmen wir zunächst für Wasser $b = 0{\cdot}0937$, welche Zahl aus den Versuchen mit den mittleren Drähten abgeleitet wurde. Es sind diese Versuche jene, welche die zuverlässigsten und auf welche die eingeführten Annäherungen anwendbar sind.

Aus der Gleichung

$$\frac{3\pi\mu R^4}{4} = 0{\cdot}0937$$

folgt, wenn für R^4 sein Werth 3607 eingesetzt wird,

$$\mu = 0{\cdot}0000110.$$

Dieser Zahl liegen das absolute Gewicht des Gramm's als Krafteinheit, das Centimeter als Längen-, die Secunde als Zeiteinheit zu Grunde. Führt man die absolute Einheit der Kraft ein, nämlich die Kraft, welche der Masse eines Gramm's in der Secunde die Beschleunigung eines Centimeters ertheilt, so sind die für q gebrauchten Zahlen 981mal grösser zu wählen, wenn die Beschleunigung der Schwere = 981 Cm. angenommen wird. In demselben Masse wird dann auch die Zahl für μ grösser, es wird

$$\mu = 0{\cdot}0108.$$

Ich habe den Coëfficienten μ aus den Versuchen von Poiseuille für Wasser von 19° C. berechnet und

$$\mu = 0{\cdot}01035$$

gefunden. Die Übereinstimmung zwischen diesen Werthen ist eine so grosse, als sie nur immer erwartet werden konnte.

Für den beim siebenten und achten Versuche verwendeten Alkohol ist $b = 0{\cdot}1924$. Diese Zahl ist 2·05mal grösser als der Werth von b für Wasser, in demselben Verhältnisse ist also auch der Coëfficient der inneren Reibung für den gebrauchten Alkohol grösser.

Nehmen wir für die Luft $b = 0{\cdot}00159$, so folgt aus

$$\frac{3\pi\mu R^4}{4} = 0{\cdot}00159$$

$$\mu = 0{\cdot}00000187$$

und im absoluten Masse

$$\mu = 0{\cdot}00183$$

welche Zahl ebenfalls mit den von Maxwell aus Dämpfungs-, von O. E. Meyer aus Ausflussversuchen abgeleiteten Werthen von μ ganz nahe zusammenfällt.

Trotz dieser grossen Übereinstimmung zwischen den von mir berechneten und den von anderen gefundenen Werthen von μ besteht aber doch zwischen meinen und den anderen Versuchen eine wesentliche Differenz.

Bei den Versuchen über den Ausfluss des Wassers und der Luft durch capillare Glasröhren genügt zur Darstellung der Beobachtungen die Annahme, dass die Geschwindigkeit der Flüssigkeit an der Röhrenwand Null, oder dass der Coëfficient ν sehr gross sei. Bei den hier beschriebenen Versuchen ist dies nicht der Fall. Es folgt vielmehr aus der zur Berechnung der Versuche verwendeten Formel für Wasser der Quotient

$$\frac{4\mu}{\nu} = 0{\cdot}00444$$

für Luft

$$\frac{4\mu}{\nu} = 0{\cdot}0033.$$

Diese Werthe sind so gross, dass z. B. für das Ausströmen einer gegebenen Luftmenge durch eine Röhre von 0·01 Cm. Radius die Ausflusszeit schon um ein Viertel kleiner würde, als nach dem Poiseuille'schen Gesetze, das auch für so enge Röhren sich noch bewährt hat.

Es ist möglich, dass auch für die Bewegungserscheinungen ein ähnlicher Unterschied zwischen Glasplatten und Glasröhren besteht, wie für die Erscheinungen der Capillarität, bei welchen die Glasplatten immer eine viel kleinere Adhäsion zu der benetzenden Flüssigkeiten zeigen als Glasröhren. Dies kann jedoch

nicht als durch die mitgetheilten Versuche zweifellos bewiesen angenommen werden. Es ist einerseits die theoretische Betrachtung des Phänomens von Anfang an nur eine approximativ giltige, andererseits die Anzahl der Beobachtungen nicht eine sehr grosse und bleibt der Fall denkbar, dass die Einführung eines nicht berücksichtigten Vorganges in die Discussion der Resultate zur zuerst abgeleiteten Formel eine ähnliche Correction brächte, wie selbe durch die Annahme der Gleitung gefunden wurde. Um diese Frage zu lösen, müssen noch weitere speciell zu diesem Zwecke angeordnete Versuchsreihen ausgeführt werden.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE CLASSE.

LXIX. Band.

ZWEITE ABTHEILUNG.

5.

Enthält die Abhandlungen aus dem Gebiete der Mathematik, Physik, Chemie Mechanik, Meteorologie und Astronomie.

XIII. SITZUNG VOM 15. MAI 1874.

Das k. k. Ackerbau-Ministerium übermittelt, mit Note vom 3. Mai, ein Schreiben des Cavaliere Francesco Tovo und seines Sohnes Emanuele aus Turin, nebst einem mikroskopischen Präparate, welches die Erfindung der Einsender, der Muskelfaser des Panthers das Ansehen und die Spaltbarkeit des Flachses zu geben, illustriren soll.

Die Hellenische National-Bibliothek zu Athen dankt, mit Zuschrift vom 13./25. April, für die Betheilung mit den akademischen Druckschriften.

Der Secretär legt folgende eingesendete Abhandlungen vor:

„Über die Quelle der Magensaftsäure.“ II. Vorläufige Mittheilung, vom Herrn Prof. Dr. R. Maly in Innsbruck.

„Über den Werth und die Bereitung des Chitinskelett's der Arachniden für mikroskopische Studien“, vom Herrn geh. Medicinalrath Prof. Dr. Lebert in Breslau.

„Über neue und ungenügend bekannte Vögel von Neu-Guinea und den Inseln der Geelvinksbai“. IV. Mittheilung, vom Herrn Dr. Ad. Bernh. Meyer.

Herr Prof. Dr. V. v. Lang übergibt eine für den Anzeiger bestimmte Notiz des Herrn Prof. A. Toepler in Graz: „Über eine eigenthümliche Erscheinung auf der elektrischen Funkenstrecke.“

Derselbe legt ferner eine von ihm selbst ausgeführte Untersuchung: „Über Glycerin-Krystalle“ vor.

Herr Dr. L. J. Fitzinger überreicht eine Abhandlung, betitelt: „Kritische Untersuchungen über die Arten der natürlichen Familie der Hirsche *(Cervi)*.“ I. Abtheilung.

Herr Hofrath Dr. E. Ritt. v. Brücke legt eine im physiologischen Institute der Wiener Universität ausgeführte Abhandlung des Herrn Dr. Anton Rühlmann aus St. Petersburg vor,

betitelt: „Untersuchungen über das Zusammenwirken der Muskeln bei einigen häufiger vorkommenden Kehlkopfstellungen.“

Se. Excellenz, Herr Feldzeugmeister Fr. Ritter v. Hauslab überreicht eine Abhandlung: „Über die Naturgesetze der äusseren Formen der Unebenheiten der Erdoberfläche.“

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Accademia Pontificia de'Nuovi Lincei: Atti. Anno XXVII, Sess. 3ª. Roma, 1874; 4°.

Akademie der Wissenschaften, Kgl. Preuss., zu Berlin: Monatsbericht. Juli & August 1873. Berlin; 8°.

American Chemist. Vol. IV, Nr. 10. Philadelphia, 1874; 4°.

Annalen der k. k. Sternwarte in Wien. Dritte Folge. XXI. Bd. Jahrgang 1871. Wien, 1874; 8°.

Apotheker-Verein, allgem. österr.: Zeitschrift (nebst Anzeigen-Blatt). 12. Jahrgang, Nr. 13—14. Wien, 1874; 8°.

Archiv der Mathematik und Physik. Gegründet von J. A. Grunert, fortgesetzt von R. Hoppe. LVI. Theil, 2. Heft. Leipzig, 1874; 8°.

Association, The American Pharmaceutical: Proceedings. XXIˢᵗ Meeting. Philadelphia, 1874; 8°.

Astronomische Nachrichten. Nr. 1986—1988 (Bd. 83. 18—20.) Kiel, 1874; 4°.

Bibliothèque Universelle et Revue Suisse: Archives des Sciences physiques et naturelles. N. P. Tome XLIX, Nr. 196. Genève, Lausanne, Paris, 1874; 8°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Tome LXXVIII, Nrs. 16—17. Paris, 1874; 4°.

Cosmos di Guido Cora. Vol. II. 1874. I. Torino; 4°.

Gesellschaft, k. k. geographische, in Wien: Mittheilungen. Bd. XVII (neuer Folge VII), Nr. 4. Wien, 1874; 8°.

— österr., für Meteorologie: Zeitschrift. IX. Band, Nr. 9. Wien, 1874; 4°.

— Naturforschende, in Basel: Verhandlungen. VI. Theil, 1. Heft. Basel, 1874; 8°.

— Physikalische, zu Berlin: Die Fortschritte der Physik im Jahre 1869. XXV. Jahrgang. I. & II. Abthlg. Berlin, 1873 & 1874; 8°.

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Wochenschrift. XXXV. Jahrgang, Nr. 18—20. Wien, 1874; 4°.

Institution, The Royal, of Great Britain: Proceedings. Vol. VII, Parts I—II. Nrs. 58—59. London, 1873 & 1874; 8°. — List of the Members etc. 1873. London; 8°.

Istituto, Reale, Veneto di Scienze, Lettere ed Arti: Memorie. Vol. XVIII, Parte 1ª. Venezia, 1874; 4°. — Atti. Tomo III°. Serie IV°, Disp. 2ª—3ª. Venezia, 1873—74; 8°.

Jahres-Bericht der Lese- und Rede-Halle der deutschen Studenten in Prag. Vereinsjahr 1873—74. Prag, 1874; 8°.

Landbote, Der steirische. 7. Jahrgang, Nr. 9. Graz, 1874; 4°.

Landwirthschafts-Gesellschaft, k. k., in Wien: Verhandlungen und Mittheilungen. Jahrgang 1874, Nr. 7. Wien; 4°.

Militär-Comité, k. k. techn. & administrat.: Bericht über die Thätigkeit und die Leistungen desselben im Jahre 1873. Wien, 1874; 8°.

Mittheilungen, Mineralogische, von G. Tschermak. Jahrgang 1874, Heft 1. Wien; 4°.

Moniteur scientifique du Dteur Quesneville. 389e Livraison. Paris, 1874; 4°.

Nature. Nr. 235, Vol. IX; Nr. 236, Vol. X. London, 1874; 4°.

Offenbacher Verein für Naturkunde: XIII.—XIV. Bericht. Offenbach a. M., 1873; 8°.

Osservatorio del R. Collegio Carlo Alberto in Moncalieri: Bullettino meteorologico. Vol. VIII. Nr. 10. Torino, 1873; 4°.

Reichsanstalt, k. k. geologische: Verhandlungen. Jahrgang 1874, Nr. 7. Wien; 4°.

Reichsforstverein, österr.: Österr. Monatsschrift für Forstwesen. XXIV. Band. Jahrgang 1874. Mai & Juni-Heft. Wien; 8°.

„Revue politique et littéraire", et „Revue scientifique de la France et de l'étranger". IIIe Année, 2e Série, Nrs. 44—45. Paris, 1874; 4°.

Società degli Spettroscopisti Italiani: Memorie. Appendice al Vol. II. Anno 1873. Palermo, 1874; 4°.

Société Botanique de France: Bulletin. Tome XXe. 1873. Revue bibliographique. E. Paris; 8°.

Society, The Asiatic, of Bengal: Proceedings. Nr. X. December 1873. Calcutta; 8°. — *Bibliotheca Indica.* New Series. Nrs. 208, 287, 289—291, 293, 295—296, 299. Calcutta & London, 1873 & 1874; 8°.

Verein, physikalischer, zu Frankfurt am Main: Jahres-Bericht für 1872—1873. Frankfurt a. M.; 8°.

— Naturwissenschaftlicher, zu Bremen: Abhandlungen. III. Bd., 4. (Schluss-) Heft; IV. Band, 1. Heft, nebst Beilage Nr. 3. Bremen, 1874; 8°.

Wiener Medizin. Wochenschrift. XXIV. Jahrgang, Nr. 18—19. Wien, 1874; 4°.

Wolf, Rudolf, Astronomische Mittheilungen. XXXV. 8°.

Über das Cinchonin.

Von Dr. H. Weidel.

(Mit 2 Holzschnitten.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 16. April 1874.)

Aus meiner Untersuchung über das Nicotin [1] hatte sich ergeben, dass diese Base mit grosser Leichtigkeit in eine krystallisirte Säure übergeht, wenn man sie mit rauchender Salpetersäure andauernd kocht.

Dabei bilden sich secundäre Producte in sehr untergeordneter Menge und keine Spur von Oxalsäure.

Diese glatte Umwandlungsfähigkeit des Nicotins bei einer so energischen Operation, die viel eher eine tiefgehende Zersetzung hätte erwarten lassen, erschien charakteristisch genug, um den Versuch auch auf andere ähnliche Verbindungen auszudehnen.

Ich habe bald darauf das Chinolin derselben Reaction unterworfen, und schon die kleine mir zu Gebote stehende Menge der Base reichte hin, um einen ganz analogen Vorgang zu constatiren.

Es entstand eine schön krystallisirte, leicht zu reinigende Verbindung, über die ich, wenn ich mich im Besitze grösserer Mengen Materials gesetzt haben werde, mir weiter zu berichten vorbehalte.

Dieser Versuch führte weiter dazu, die sauerstoffhaltigen Alkaloide in den Kreis der Untersuchung zu ziehen und von dem Chinolin liefernden Cinchonin, welches man sich leicht rein und in grösserer Menge verschaffen kann, durften, so schien es, zunächst analoge Resultate erwartet werden. In der That wurden aus demselben bald mehrere bisher noch nicht beschriebene krystallisirte stickstoffhaltige Zersetzungsproducte erhalten,

---

[1] Sitzber. d. k. Akad. der Wissensch., Bd. LXVI, pag. 231.

deren eines sogar durch Elimination des Stickstoffes sich ganz leicht in eine stickstofffreie Säure überführen liess.

Die hierauf bezügliche vorläufige Mittheilung meines hochverehrten Lehrers, Herrn Prof. Hlasiwetz,[1] sei hiemit durch den ausführlichen Bericht über die ganze Untersuchung vervollständigt, den ich übersichtlicher zu machen glaube, wenn ich gleich die hauptsächlichsten Resultate derselben vorausschicke.

Aus dem Cinchonin entsteht zuerst durch Oxydation mit Salpetersäure vom specifischen Gewicht 1·4 eine Säure, die ich Cinchoninsäure nenne; sie hat die Formel $C_{20}H_{14}N_2O_4$ und kann entstehen nach:

$$\underbrace{C_{20}H_{24}N_2O}_{\text{Cinchonin}} + 8O = \underbrace{C_{20}H_{14}N_2O_4}_{\text{Cinchoninsäure}} + 5H_2O.$$

Die weitere Behandlung der Cinchoninsäure mit Salpetersäure zersetzt dieselbe in zwei Säuren, die als Cinchomeronsäure[2] und Chinolsäure bezeichnet sein mögen.

Die beiden Säuren haben die Formeln $C_{11}H_8N_2O_6$ (Cinchomeronsäure) und $C_9H_6N_2O_4$ (Chinolsäure). Bei der Bildung der Ersteren scheint die gebildete salpeterige Säure mit im Spiele zu sein.

$$\underbrace{C_{20}H_{14}N_2O_4}_{\text{Cinchoninsäure}} + NHO_2 + 5NHO_3 =$$

$$\underbrace{C_{11}H_8N_2O_6}_{\text{Cinchomeronsäure.}} + \underbrace{C_9H_6N_2O_4}_{\text{Chinolsäure}} + 3H_2O + 4NO_2.$$

Die Cinchomeronsäure ferner ist einer höheren Oxydation zu Oxycinchomeronsäure fähig:

$$\underbrace{C_{11}H_8N_2O_6}_{\text{Cinchomeronsäure}} + 2O = \underbrace{C_{11}H_8N_2O_8}_{\text{Oxycinchomeronsäure}}.$$

Aus diesen vier Säuren, welche man je nach der Concentration der Säure und der Dauer der Einwirkung in wechselnder Menge erhält, besteht das Rohproduct von der Behandlung des Cinchonins mit Salpetersäure.

---

[1] Akad. Anzeiger, 1873, Nr. III, pag. 13.

[2] Von Cinchonin und μερος (Theil).

Es muss hier sogleich bemerkt werden, dass die nun zu beschreibenden Erfahrungen das Resultat oft wiederholter und immer mit grossen Mengen von Cinchonin angestellter Versuche sind.

Jede Operation wurde mit wenigstens einem halben Kilo ausgeführt; bei Anwendung kleinerer Mengen ist es kaum möglich, den Process in seinen einzelnen Phasen zu studiren, weil dann die Menge der Zwischenproducte (Cinchoninsäure und Cinchomeronsäure) oft verschwindend klein werden kann.

In einer geräumigen, mit dem Halse nach aufwärts gestellten Retorte wird für je eine Operation ein halbes Kilo reines Cinchonin[1] in der acht- bis zehnfachen Menge reiner Salpetersäure gelöst und die Lösung bis zum Sieden erhitzt.

Nach etwa einer Stunde Siedens stellt sich dann eine sehr stürmische Reaction ein. Die Flüssigkeit wird dunkel orangegelb, und unter heftigem Schäumen entwickeln sich massenhaft braune Dämpfe, die man in einen gut ziehenden Schornstein ableiten muss. Beim Beginne dieser Reaction entfernt man das Feuer und erhitzt erst dann weiter, wenn sie sich ihrem Ende naht.

Von nun an unterhält man unter öfterer Erneuerung der Säure das Kochen so lange, bis eine herausgenommene, mit Wasser verdünnte Probe auf Zusatz von Ammoniak einen Niederschlag liefert, der sich im Überschusse des Reagens wieder auflöst.

Hiezu wird man ein 70—80stündiges Kochen bedürfen.

---

[1] Dasselbe ergab mir nach dem Umkrystallisiren aus Alkohol bei der Analyse:

I. 0·2285 Grm. Substanz gaben 0·6535 Grm. Kohlensäure und 0·1605 Grm. Wasser.

II. 0·2240 Grm. Substanz gaben 19·5 CC. Stickstoff bei 752·2 Mm. und 21° C.

In 100 Theilen:

	Gefunden	$C_{20}H_{24}N_2O$
C	78·03	77·92
H	7·81	7·79
N	9·77	9·09.

Nunmehr destillirt man den Überschuss der Salpetersäure ab, giesst die Flüssigkeit in eine Schale aus und dampft auf dem Wasserbade bis zur Consistenz eines zähen Syrups ein.

Wenn die dunkel feuerroth gefärbte Masse dicklich zu werden beginnt, muss sie andauernd gerührt werden; es entweichen dann noch unter Schäumen grosse Mengen brauner Dämpfe. Nach dem Auskühlen besitzt sie eine terpentinartige Consistenz.

In diesem Zustande wird sie zuerst mit kleinen Mengen Wasser bis zum dünnen Syrup angerührt und in eine grosse, in einem hohen Cylinder befindliche Wassermenge eingetragen.

Ich fand zweckmässig, auf die angegebene Menge Cinchonin etwa 4—5 Liter Wasser zu nehmen.

Man hat nun eine gelbe Lösung, in welcher ebenso gefärbte Flocken suspendirt sind.

Nach 24stündigem Stehen trennt man die klar gewordene Flüssigkeit (*A*) von dem nunmehr körnigen, chromgelben, ziemlich beträchtlichen Bodensatz (*B*) durch ein Filter und wäscht den letzteren so lange, bis das Wasser fast farblos abläuft.

Die vereinigten Flüssigkeiten (*A* und die Waschwässer) werden mit Äther einigemale ausgeschüttelt. Die ätherische Lösung hinterlässt beim Abdunsten eine undeutlich krystallinische, schwach gefärbte Masse (*C*), die hauptsächlich aus der oben erwähnten Chinolsäure und einem gelben nitrirten Harz besteht.

Die mit Äther ausgezogene wässerige Flüssigkeit stellt man in geräumigen Schalen hin und überlässt sie längere Zeit sich selbst.

Es beginnt dann nach ungefähr 6—8 Tagen eine Krystallisation (*D*) dünner, die Wände überziehender Krusten (die sich nicht so leicht einstellt, wenn man die Flüssigkeit abgedampft hätte). Man befördert diese Krystallisation durch öfteres Rühren, und trennt sie, wenn sie sich nach einigen Tagen nicht mehr vermehrt, von der Flüssigkeit, die nun auf ein kleines Volum eingedampft werden kann.

Nach weiterem mehrtägigen Stehen findet man wieder eine Krystallisation (*E*) feiner Nadeln, die die Flüssigkeit breiig erfüllen, und welche man auf einer Filtrirpumpe absaugt (sie besteht aus ziemlich reiner Cinchoninsäure).

Die nunmehr schon dicken gelbrothen Mutterlaugen (*F*) krystallisiren nicht mehr. Von ihrer ferneren Behandlung ist weiter unten die Rede.

Ich habe dieselbe Behandlungsweise des Cinchonins auch mehrmals mit rother rauchender Salpetersäure ausgeführt, und der Erfolg war nur insofern verschieden, dass die Krystallisation *E* fast ganz ausblieb, dagegen *B* und *D* wesentlich vermehrt waren.

Trennung und Reinigung der Rohproducte.

Die mit *B* und *C* bezeichneten Rohproducte bestehen der Hauptsache nach aus ein und derselben Verbindung (Chinolsäure) und können vereint der Reinigung unterworfen werden.

Das beste Lösungsmittel für dieselbe ist concentrirte heisse Salzsäure.

Man erhält eine klare feuerrothe Lösung, die von etwas ausgeschiedenem Harze leicht abgegossen werden kann. Lässt man dieselbe in einer Schale erkalten, so erfüllt sie sich, vorausgesetzt, dass man einen Überschuss von Salzsäure vermieden hatte, bald mit einer verworrenen, nur mehr schwach röthlich gefärbten Krystallisation kleiner Nadeln.

Dieselbe besteht aus einer Verbindung der Chinolsäure mit Salzsäure, welche nur in concentrirter Salzsäure beständig ist und die durch viel Wasser vollständig zersetzt wird.

Man saugt zunächst mit der Pumpe die sauren Laugen ab und entfernt die letzten Mengen derselben auf porösen Thonplatten. Hierauf löst man die Krystalle neuerdings in etwas verdünnter siedender Salzsäure, fügt Thierkohle hinzu, und lässt damit eine geraume Zeit sieden. Die noch sehr saure Flüssigkeit muss man durch mehrere kleine Filter rasch filtriren, um das Reissen des Papieres zu vermeiden.

Das Filtrat verdünnt man sofort mit grossen Mengen kalten Wassers, und erhält so eine sich rasch zu Boden setzende Ausscheidung farbloser, sehr kleiner Nädelchen von reiner Chinolsäure.

Die von derselben abgegossene Flüssigkeit liefert beim Eindampfen auf ein kleines Volum noch eine gewisse Menge hübscher demantglänzender prismatischer Krystalle von salzsaurer Chinolsäure.

Die sehr salzsauren Mutterlaugen von der Krystallisation des Rohproductes enthalten gleichfalls noch einen Theil dieser Verbindung, der durch Abdampfen gewonnen und, wie oben angegeben, weiter gereinigt werden kann. Die letzten Laugen auch dieser Krystallisation sind meistens durch harzige Nebenbestandtheile so sehr verunreinigt, dass es kaum lohnt, sie noch zu gute zu machen.

Die mit *D* bezeichnete Rohkrystallisation ist ein viel complicirteres Gemisch, dessen Trennung bedeutend umständlicher ist.

Es enthält Oxycinchomeronsäure, Cinchoninsäure und etwas Cinchomeronsäure. Chinolsäure ist darin nicht vorhanden.

Folgendes ist das beste Verfahren, diese Verbindungen von einander zu scheiden.

Man erhitzt das zum Schlamm zerriebene Gemisch in einem Kolben mit Wasser zum Sieden und fügt so lange tropfenweise Salpetersäure hinzu, bis es klar gelöst ist. Dann lässt man mit einem Zusatze von Thierkohle längere Zeit kochen und filtrirt. Durch diese Behandlung ist das Krystallgemisch von einem färbenden harzigen Bestandtheil befreit worden, der sonst die weitere Trennung sehr stört. Zu dieser Trennung benützt man das verschiedene Löslichkeitsverhältniss der Kalksalze der einzelnen Säuren.

Man trägt in eine sehr verdünnte wässerige siedende Lösung des nach voriger Behandlung wieder auskrystallisirten Säuregemisches so lange aufgeschlemmten kohlensauren Kalk ein, als davon noch unter Aufbrausen zersetzt wird. Die Flüssigkeit, die eine schwach saure Reaction behält, wird von dem Kalkschlamme abfiltrirt. Beim Auskühlen derselben scheidet sich eine krümliche Krystallisation von oxycinchomeronsaurem Kalk aus; ein anderer Theil dieses schwer löslichen Salzes befindet sich bei dem überschüssigen kohlensauren Kalk auf dem Filter.

Man vereinigt das ausgeschiedene Salz mit dem Filterrückstande und löst es in einer angemessenen Quantität warmer verdünnter Salzsäure. Aus der filtrirten, etwas eingedampften Lösung krystallisirt nun bald die Oxycinchomeronsäure in kleinen

durchsichtigen Tafeln, während das Chlorcalcium in der Mutterlauge bleibt. Durch Eindampfen dieser Laugen bis zum Fortgehen der Salzsäure erhält man noch einen Theil der Säure, die nun aus Wasser umkrystallisirt wird.

Das Filtrat von dem schwer löslichen oxycinchomeronsauren Kalk wird bis zum Erscheinen einer Salzhaut eingedampft und, ohne das völlige Auskrystallisiren des Kalksalzes abzuwarten, wieder mit Salzsäure versetzt. Nach kurzem Stehen scheidet sich die Cinchomeronsäure in der Form eines Krystallmehls aus.

Diese Säure ist das schwerlöslichste von den bei der Oxydation des Cinchonins auftretenden Zersetzungsproducten.

Zur weiteren Reinigung wird sie aus Wasser umkrystallisirt, dem etwas Salpetersäure zugesetzt war, und, wenn nöthig, diese Lösung mit Thierkohle entfärbt. Sie erscheint dann schon während des Auskühlens der filtrirten Flüssigkeit, und gebraucht man die Vorsicht, sie von der noch lauen Lauge abzufiltriren, so behält man in diesem Filtrat sicher die noch allenfalls vorhanden gewesenen Spuren von Cinchoninsäure.

Diese letztere Säure befindet sich der Hauptmenge nach in den von der Krystallisation der Vorigen abgegossenen salzsauren Laugen.

Wenn man diese bis zur Entfernung des grössten Theiles der Salzsäure eindampft, hierauf wieder mit Wasser versetzt, so scheidet sich die Cinchoninsäure in feinen Nadeln, Prismen und Blättchen aus, die noch durchsetzt sind von kleinen Mengen Cinchomeronsäure.

Durch blosses Umkrystallisiren aus siedendem Wasser kann sie von den letzten Mengen derselben nicht getrennt werden. Ihre vollständige Reinigung gelingt nur dadurch, dass man sie in ein Kupfersalz überführt, welches für sie charakteristisch ist und welches sie mit besonderer Leichtigkeit bildet. Zu diesem Ende setzt man zu der heissen wässerigen Lösung der gemischten Krystalle essigsaures Kupferoxyd so lange, als noch ein lichthimmelblauer Niederschlag entsteht, von dem man möglichst rasch abfiltrirt. Er ist das Kupfersalz der noch vorhanden gewesenen Cinchomeronsäure.

Zu der davon getrennten blaugrünen Lösung fügt man nun noch etwas mehr essigsaures Kupferoxyd und erwärmt; dadurch fallen nun aus der Flüssigkeit reichlich prächtig dunkelazur- oder veilchenblaue, glänzende, kleine, prismatische Täfelchen heraus, welche das Kupfersalz der Cinchoninsäure darstellen. Mit Schwefelwasserstoff unter heissem Wasser zersetzt, erhält man die Säure rein, welche aus dem, von Schwefelkupfer getrennten, etwas eingeengten Filtrat in feinen caffeïnartigen Nadeln erscheint.

Die Krystallisation *E* besteht, wie schon oben bemerkt, aus ziemlich reiner Cinchoninsäure, die nur durch Auflösen in Wasser und Behandeln mit etwas Thierkohle weiter zu reinigen ist.

Mit *F* wurde oben die letzte Mutterlauge aller dieser krystallisirten Producte bezeichnet. Sie enthält neben viel Cinchomeronsäure etwas Cinchoninsäure. Die Trennung von einem verunreinigenden gelben Harze wurde so ausgeführt, dass die mit Wasser angerührte Masse mit Ammoniak genau neutralisirt, vom ausgeschiedenen Harze abfiltrirt und das Filtrat mit salpetersaurem Silberoxyd gefällt wurde. Die noch etwas gelbliche Fällung wurde mit Wasser gut gewaschen und hierauf mit Vermeidung eines Überschusses mit verdünnter heisser Salzsäure zersetzt.

Das vom Chlorsilber getrennte heisse Filtrat gibt beim Eindampfen eine nunmehr nur noch schwach gefärbte gemischte Krystallisation von Cinchomeronsäure und Cinchoninsäure. Der grösste Theil der schwerlöslichen Cinchomeronsäure bleibt als sandiger Krystallschlamm zurück, wenn man das Gemisch der beiden Verbindungen mit nicht allzuviel Wasser auskocht.

Von dem in Lösung gegangenen Theil dieser trennt man die Cinchoninsäure nach dem soeben beschriebenen Verfahren mittelst der Kalksalze.

Cinchoninsäure.

Für diese Säure ist es charakteristisch, dass sie ebensowohl wasserfrei als auch mit Krystallwasser krystallisiren kann und dem zufolge verschiedene äussere Eigenschaften zeigt.

Mit vier Molecülen Krystallwasser erhält man sie in der Regel, wenn man die mit *F* bezeichnete Krystallisation nur im siedenden Wasser auflöst, ohne diese Lösung länger zu kochen. Sie schiesst dann beim Auskühlen in demantglänzenden, prismatischen, meist sehr wohl ausgebildeten Krystallen an, die Herr Prof. Ditscheiner zu messen die Güte hatte.

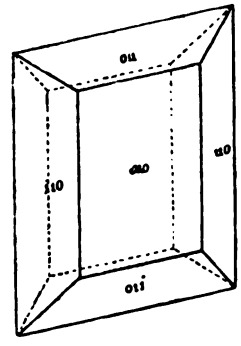
Krystallsystem (schiefprismatisch):

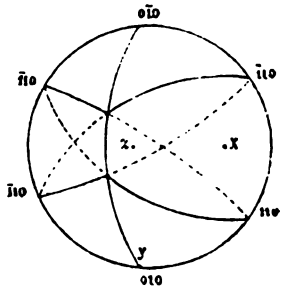
$$a:b:c = 0{\cdot}35085:1:0{\cdot}54122,\quad ac = 82°16'.$$

Beobachtete Flächen:

010, 110, 011.

	Beobachtet	Berechnet
010·110 =	74°50′*	—
010·011 =	62 3 *	—
011·$\bar{1}$10 =	76 16 *	—
011·110 =	89 40	89°32′
110·1$\bar{1}$0 =	30 10	30 10
110·$\bar{1}$10 =	149 46	149 50
011·01$\bar{1}$ =	—	124 6
011·0$\bar{1}$1 =	55 53	55 54
010·0$\bar{1}$1 =	117 58	117 57





Die Krystalle, welche an der Luft verwittern, sind in Weingeist äusserst schwer, in Äther ganz unlöslich. Unter Wasser erhitzt, werden sie milchweiss und lösen sich erst bei sehr langem Kochen allmälig auf.

Ein auch nur geringer Zusatz von Salzsäure oder Salpetersäure befördert sehr die Löslichkeit der Cinchoninsäure.

Ihre wässerige Lösung wird durch Bleizucker nicht, wohl aber von Bleiessig gefällt; der enstandene Niederschlag ist jedoch sowohl im Überschusse des Fällungsmittels, als auch in viel Wasser löslich. Ihr Geschmack ist ausgesprochen sauer.

Die Analysen der bei 120° getrockneten Säure gaben:

I. 0·3083 Grm. Substanz gaben 0·7858 Grm. Kohlensäure und 0·1111 Grm. Wasser.

II. 0·3006 Grm. Substanz gaben 0·7648 Grm. Kohlensäure und 0·1104 Grm. Wasser.

III. 0·3565 Grm. Substanz gaben 25·7 CC. Stickstoff 742 Mm. und 16·1° C.

IV. 0·3248 Grm. Substanz gaben 23·13 CC. Stickstoff bei 746 Mm. und 17·2° C.

In 100 Theilen:

	I.	II.	III.	IV.
C	69·51	69·39	—	—
H	4·03	4·08	—	—
N	—	—	8·20	8·10.

Die Formel $C_{20}H_{14}N_2O_4$ verlangt in 100 Theilen:

		Gefunden	
C	69·36	C	69·45
H	4·04	H	4·05
N	8·09	N	8·15.

Die Krystallwasserbestimmungen der lufttrockenen Säure gaben:

I. 0·3743 Grm. Substanz verloren, bei 120° getrocknet, 0·066 Grm. Wasser.

II. 0·3582 Grm. Substanz verloren, bei 120° getrocknet, 0·0613 Grm. Wasser.

In 100 Theilen:

	I.	II.	$C_{20}H_{14}N_2O_4+4H_2O$
H_2O	17·63	17·38	H_2O ..... 17·22

Aus der durch anhaltendes Sieden dieser Verbindung erzeugten wässrigen Lösung bilden sich schon während des Auskühlens andere feine, fadenförmige, caffeïnartige Krystalle der wasserfreien Cinchoninsäure.

Die Verbrennung der lufttrockenen Substanz gab folgende Resultate:

I. 0·2967 Grm. Substanz gaben 0·7529 Grm. Kohlensäure und 0·1097 Grm. Wasser.

II. 0·3466 Grm. Substanz gaben 24·8 CC. Stickstoff bei 744 Mm. und 21° C.

In 100 Theilen:

	I.	II.	$C_{20}H_{14}N_2O_4$
C	69·21	—	C ..... 69·36
H	4·11	—	H ..... 4·04
N	—	7·98	N ..... 8·09.

Die krystallwasserfreie Cinchoninsäure ist in Wasser sehr viel leichter löslich, als die vorige, und überlässt man eine solche verdünnte Lösung der freiwilligen Verdunstung, so erhält man wieder eine Säure mit vier Molecülen Krystallwasser, die demselben Krystallsystem angehört, aber von tafelartiger Ausbildung ist.

Die Analyse dieser bei 120° C. getrockneten Säure gab:

0·2864 Grm. Substanz gaben 0·7290 Grm. Kohlensäure und 0·1049 Grm. Wasser.

In 100 Theilen:

C ..... 69·42
H ..... 4·07.

Die Wasserbestimmung gab:

0·7022 Grm. Substanz verloren bei 120° 0·1124 Grm. Wasser.

In 100 Theilen:

	Gefunden	Berechnet
H_2O	17·43	17·22.

Die Cinchoninsäure ist eine ziemlich starke Säure, sie zersetzt kohlensaure Salze mit grosser Leichtigkeit.

Calciumsalz. Man erhält dasselbe ebensowohl durch Absättigung einer Säurelösung mit kohlensaurem Kalk, als dadurch, dass man eine mit Ammoniak genau neutralisirte Lösung der Säure mit einer concentrirten Chlorcalciumlösung mischt und hinstellt. Bei der Schwerlöslichkeit dieses Salzes ist der letztere Weg vorzuziehen. Es schiesst dann nach kurzer Zeit in losen hübschen, glänzenden, prismatischen Krystallen an, die, einmal

gebildet, in kaltem Wasser so gut wie unlöslich, in heissem äusserst schwer löslich sind.

Die Analysen weisen einen Ersatz von H_2 durch $\overset{II}{Ca}$ aus:

I. 0·5092 Grm. Substanz gaben 0·1757 Grm. schwefelsauren Kalk.

II. 0·4157 Grm. Substanz gaben 0·1462 Grm. schwefelsauren Kalk.

III. 0·3085 Grm. Substanz gaben 0·7052 Grm. Kohlensäure und 0·0905 Grm. Wasser.

IV. 0·4354 Grm. Substanz gaben 28·2 CC. Stickstoff bei 746·2 und 16·8° C.

In 100 Theilen:

	I.	II.	III.	IV.
C	—	—	62·34	—
H	—	—	3·26	—
Ca	10·15	10·34	—	—
N	—	—	—	7·36.

Die Formel $C_{20}H_{12}\overset{II}{C}aN_2O_4$ verlangt:

Berechnet		Gefunden	
C	62·50	C	62·34
H	3·12	H	3·26
Ca	10·41	Ca	10·24
N	7·29	N	7·36.

Das Kalksalz krystallisirt mit $1^1/_2$ Molecülen Wasser, wie die folgenden Bestimmungen zeigen:

I. 0·8349 Grm. verloren beim Trocknen bei 120° 0·0558 Grm. Wasser.

II. 0·7678 Grm. verloren beim Trocknen bei 120° 0·0508 Grm. Wasser.

In 100 Theilen:

	I.	II.	$C_{20}H_{12}\overset{II}{C}aN_2O_4+1^1/_2H_2O$
H_2O	6·86	6·62	H_2O ..... 6·56.

Kupfersalz. Dieses schöne, für die Cinchoninsäure besonders charakteristische Salz bildet sich aus einer mit essigsaurem Kupferoxyd versetzten wässerigen Lösung der Säure, vornehmlich beim gelinden Erwärmen.

Es scheidet sich dann in dunkel veilchenblauen Krystallblättchen aus, die unter dem Mikroskope rhombische Formen zeigen und häufig rosettenförmig verwachsen sind.

Sie sind in kaltem und heissem Wasser gleich schwer löslich.

Die Verbindung ist krystallwasserfrei und ergab bei der Analyse:

I. 0·3791 Grm. Substanz gaben 0·0714 Grm. Kupferoxyd.
II. 0·5114 „ „ „ 0·0984 „ „

In 100 Theilen:

	I.	II.	$C_{20}H_{12}CuN_2O_4$
Cu	15·04	15·36	Cu ..... 15·56.

Silbersalz. Weisser undeutlich krystallinischer, ziemlich lichtbeständiger Niederschlag, welcher in einer mit Ammoniak genau neutralisirten Lösung der Cinchoninsäure mit Silbersalpeter entsteht. Er ist schwer löslich im Wasser und lässt sich gut auswaschen.

Die Analyse der bei 100° getrockneten Substanz gab:

I. 0·4654 Grm. Substanz gaben 0·1806 Grm. Silber.
II. 0·5043 „ „ „ 0·1955 „ „
III. 0·4125 „ „ „ 0·6422 „ Kohlensäure und 0·0820 Grm. Wasser.

In 100 Theilen:

	I.	II.	III.	$C_{20}H_{12}Ag_2N_2O_4$
C	—	—	42·46	C ..... 42·85
H	—	—	2·21	H ..... 2·14
Ag	38·80	38·76	—	Ag .... 38·57.

Kaliumsalz. Durch vorsichtiges genaues Sättigen der Säure mit Ätzkalilösung und Eindampfen der Flüssigkeit erhält man blumenkohlartige Krystallvegetationen dieses Salzes.

Es enthält Krystallwasser, welches sich bei 120° vollständig verflüchtigt.

Die Kaliumbestimmungen ergaben:

I. 0·4634 Grm. Substanz gaben 0·1942 Grm. schwefelsaures Kali.

II. 0·3987 Grm. Substanz gaben 0·1659 Grm. schwefelsaures Kali.

In 100 Theilen:

	I.	II.	$C_{20}H_{12}K_2N_2O_4$
K	18·81	18·68	K ..... 18·52.

Das Resultat der Wasserbestimmung war:

1·0890 Grm. Substanz verloren bei 120° 0·0506 Grm. Wasser.

Das ist in 100 Theilen:

	$C_{20}H_{12}K_2N_2O_4+H_2O$
H_2O ..... 4·64	H_2O ..... 4·41.

Platindoppelverbindung der Cinchoninsäure.

Diese Verbindung ist nächst der mit Kupfer am meisten charakteristisch für die Cinchoninsäure. Sie entsteht mit grösster Leichtigkeit beim Vermischen der salzsauren Lösung der Cinchoninsäure mit Platinchlorid und bildet sehr hübsche, ziemlich lange, orangegelbe Nadeln, die sehr schwer in Wasser löslich sind.

Die Verbindung ist krystallwasserfrei und gab folgende Daten bei der Analyse:

I. 0·4590 Grm. Substanz gaben 0·1185 Grm. Platin.

II. 0·4124 „ „ „ 0·4708 „ Chlorsilber.

In 100 Theilen:

	I.	II.	$C_{20}H_{14}N_2O_4+2HCl+PtCl_4$
Pt	25·82	—	Pt ..... 26·02
Cl	—	28·24	Cl ..... 28·08.

Erhitzt man die Cinchoninsäure für sich, so schmilzt sie, bräunt sich dann, während ein kleiner Theil sublimirt, der

grössere aber unter Entwicklung eines stechenden brenzlichen Geruches zersetzt wird. Auf Platinblech erhitzt, verbrennt sie mit leuchtender Flamme und hinterlässt eine glänzende leicht verbrennliche Kohle.

Die Zersetzungsproducte vom Erhitzen des Kalksalzes haben den Geruch der Chinolinbasen.

Für ihre später zu besprechende Constitution am wichtigsten ist, dass sie mit Salpetersäure weiter behandelt (am Besten durch Erhitzen in geschmolzenen Röhren auf 120—140°), gerade auf in Chinolsäure und Cinchomeronsäure zerfällt.

Dabei bildet sich weder Kohlensäure, noch Oxalsäure.

Die Trennung der erhaltenen Säuren geschah so, dass der Röhreninhalt nach dem Verjagen der überschüssigen Säure mit Wasser verdünnt wurde, wobei ein Theil der Chinolsäure herausfiel, während sich der Rest mit Äther ausschütteln liess.

Die schon fast reine Säure brauchte nur noch aus verdünnter Salzsäure umkrystallisirt zu werden.

Sie gab bei der Analyse die folgenden Zahlen:

I. 0·2612 Grm. Substanz gaben 0·5010 Grm. Kohlensäure und 0·0712 Grm. Wasser.

II. 0·2844 Grm. Substanz gaben 34·4 CC. Stickstoff bei 742·8 Mm. und 16·3° C.

In 100 Theilen:

	I.	II.	$C_9H_6N_2O_4$
C	52·31	—	C ..... 52·42
H	3·01	—	H ..... 2·91
N	—	13·72	N ..... 13·59.

Aus der von der Chinolsäure getrennten Flüssigkeit wurde die Cinchomeronsäure mittelst des Kalksalzes dargestellt, durch welche Behandlung zugleich eine Trennung von etwa unzersetzt gebliebener Cinchoninsäure ermöglicht war.

Die aus dem Kalksalze abgeschiedene Säure ergab:

0·3106 Grm. Substanz gaben 0·5695 Grm. Kohlensäure und 0·0867 Grm. Wasser.

In 100 Theilen:

		$C_{11}H_8N_2O_6$	
C	50·01	C	49·90
H	3·10	H	3·04.

Chinolsäure.

Die reine Chinolsäure bildet leichte, wollige, dem schwefelsauren Chinin ähnliche, glanzlose Kryställchen, die meist einen Stich ins Gelbliche haben. Sie schmeckt anfangs schwach säuerlich, hintennach bitter.

Sie löst sich äusserst schwer in Alkohol, und in Äther nur dann, wenn dieser mit einer sauren Lösung derselben geschüttelt wird. Auch im Wasser ist sie fast unlöslich und kann nur durch Zusatz einer Mineralsäure oder Essigsäure in Lösung gebracht werden.

Aus concentrirten Lösungen dieser Art wird durch einen grossen Wasserzusatz die Säure wieder abgeschieden.

Die Chinolsäure kann durch eine sie auszeichnende Farbenreaction leicht erkannt werden.

Bringt man einige Stäubchen derselben auf einem Uhrglase mit einem Tropfen Ätzkali oder Ammoniak zusammen, so entsteht eine lebhaft carminrothe Lösung. Die Farbe ist indess wenig beständig, sie verblasst und verschwindet endlich ganz. Auch Wasserzusatz bringt sie zum Verschwinden, und mit verdünnten alkalischen Flüssigkeiten entstehen überhaupt nur lichtrosenrothe Färbungen.

Die Chinolsäure krystallisirt ohne Wasser und ist nach der Formel $C_9H_6N_2O_4$ zusammengesetzt.

Die Analysen der bei 100° getrockneten Säure gaben:

I. 0·3835 Grm. Substanz gaben 0·7354 Grm. Kohlensäure und 0·1035 Grm. Wasser.

II. 0·3272 Grm. Substanz gaben 0·6276 Grm. Kohlensäure und 0·0889 Grm. Wasser.

III. 0·2945 Grm. Substanz gaben 0·5656 Grm. Kohlensäure und 0·0775 Grm. Wasser.

IV. 0·3977 Grm. Substanz gaben 47·2 CC. Stickstoff bei 746·7 Mm. und 17·5° C.

V. 0·2900 Grm. Substanz gaben 34·2 CC. Stickstoff bei 747·8 Mm. und 18° C.

In 100 Theilen:

	I.	II.	III.	IV.	V.
C	52·30	52·31	52·38	—	—
H	3·00	3·02	2·92	—	—
N	—	—	—	13·49	13·40.

Die Formel $C_9H_6N_2O_4$ verlangt:

	Berechnet		Gefunden im Mittel
C	52·42	C	52·33
H	2·91	H	2·98
N	13·59	N	13·44.

Die Salze der Chinolsäure sind schwierig in einem für die Analyse brauchbaren Zustande zu erhalten. Weder krystallisiren sie gut, noch lassen sich die niederschlagförmigen wegen ihrer schlammigen Beschaffenheit gut und ohne Zersetzung auswaschen. Ich hätte mich daher zur Feststellung der Formel nur des Silbersalzes bedienen können, wenn die Chinolsäure nicht auch die Eigenschaft hätte, mit Salzsäure eine leicht und hübsch krystallisirte Verbindung zu geben.

Silbersalz. Der Niederschlag, welchen Silbersalpeter in einer ammoniakalischen, durch Erhitzen aber vom Überschusse des Ammoniaks befreiten Lösung der Chinolsäure erzeugt, ist zunächst gallertartig, wird aber beim Stehen unter der Flüssigkeit allmälig dicht und krystallinisch, lässt sich dann gut auswaschen und ist lichtbeständig.

Die Analysen dieses krystallwasserfreien Salzes ergaben:

I. 0·2947 Grm. Substanz gaben 0·3993 Grm. Kohlensäure 0·045 Grm. Wasser und 0·1000 Grm. Silber.

II. 0·4606 Grm. Substanz gaben 0·1556 Grm. Silber.

In 100 Theilen:

	I.	II.	$C_9H_5AgN_2O_4$
C	34·68	—	C ..... 34·50
H	1·61	—	H ..... 1·59
Ag	34·21	33·82	Ag .... 34·50.

Salzsaure Chinolsäure. Die Darstellung dieser leicht entstehenden Verbindung gelingt am besten so, dass man die Säure mit einer mässigen Wassermenge zum Sieden erhitzt und dann Salzsäure bis zur völligen Lösung hinzugibt. Lässt man nun ruhig erkalten, so bilden sich oft zolllange Nadeln dieser Verbindung, die bei etwas stürmischer Krystallisation meistens in kleinen, prächtig glänzenden, prismatischen Nadeln erhalten wird.

Die Verbindung ist sehr lose, nur bei Gegenwart von freier Salzsäure beständig. Durch viel Wasser kann aus der salzsauren Lösung wieder reine Chinolsäure ausgefällt werden.

Die Analysen ergaben:

I. 0·4025 Grm. Substanz gaben 0·6572 Grm. Kohlensäure und 0·1043 Grm. Wasser.

II. 0·3012 Grm. Substanz gaben 0·1734 Grm. Chlorsilber.

III. 0·3246 „ „ „ 0·1901 „ „

In 100 Theilen:

	I.	II.	III.	$C_9H_6N_2O_4+HCl$
C	44·53	—	—	C ..... 44·53
H	2·99	—	—	H ..... 2·88
Cl.....	—	14·24	14·46	Cl..... 14·63.

Platindoppelsalz. Es genügt, eine nicht zu verdünnte salzsaure heisse Lösung der Chinolsäure mit concentrirter Platinchloridlösung zu versetzen, um diese in schönen dunkelorangegelben Nadeln krystallisirende Verbindung beim Erkalten der Flüssigkeit zu erhalten. Von der Mutterlauge getrennt, brauchen dieselben nur mit etwas kaltem Wasser abgespült zu werden, um ganz rein zu sein.

Die Bestimmungen der krystallwasserfreien, bei 100° getrockneten Substanz ergaben:

I. 0·7816 Grm. Substanz gaben 0·1821 Grm. Platin.

II. 0·3975 „ „ „ 0·3975 „ Chlorsilber.

In 100 Theilen:

	I.	II.	$C_9H_6N_2O_6+HCl+ptCl_2$	
Pt	23·64	—	Pt	23·94
Cl	—	25·52	Cl	25·81.

Die Chinolsäure schmilzt in der Hitze, und während ein Theil sublimirt, zersetzt sich der beiweitem grössere.

Die Chinolsäure ist eine Nitroverbindung (enthält ein Atom N in der Form von NO_2), gibt, mit Ätzkali geschmolzen, salpetrigsaures Kali, mit Zinn und Salzsäure nach einer stürmischen, von einer rothen Farbenerscheinung begleiteten Reaction ein leider sehr schwer zu isolirendes verharztes Amidoproduct, welches von Schwefelwasserstoff in der salzsauren Lösung unter Braunfärbung und Bildung humusartiger Producte zersetzt wird.

Destillirt man die Chinolsäure mit Kalk, so erhält man ein Öl, welches den Geruch der Dippel'schen Basen besitzt.

Ihr Verhalten gegen Brom bei Gegenwart von Wasser bietet einen Anhaltspunkt für die Beurtheilung ihrer Zusammensetzung.

Dadurch entsteht nämlich ein krystallisirtes Bromproduct, welches der Formel eines Hexabromchinolins (C_9HBr_6N) entspricht.

Zur Darstellung desselben erhitzt man Chinolsäure mit dem doppelten Gewicht Wasser und ebensoviel Brom in einer zugeschmolzenen Röhre zunächst im Wasserbade. Wenn das Brom verschwunden ist, öffnet man, giesst die saure Flüssigkeit von der gebildeten Harzmasse ab, bringt wieder etwas Wasser und Brom hinzu und wiederholt diese Operation unter immer stärkerem Erhitzen der Röhre so lange, bis das Brom während mehrstündigen Einwirkens bei 80° nicht mehr verschwindet. Hiezu werden circa fünf Gewichtstheile Brom auf einen Gewichtstheil Chinolsäure erforderlich sein.

Nunmehr wäscht man den harzigen Röhreninhalt mit kaltem Wasser und behandelt ihn hierauf mit heissem Alkohol, wodurch etwas unangegriffene Chinolsäure zurückbleibt.

Die weingeistige gelbe Lösung gibt durch blosses Verdunsten noch keine reine Verbindung. Man fällt sie mit Wasser aus, sammelt die ausgeschiedenen Flocken, trocknet und destillirt sie aus einem Retörtchen.

Das ölige gelbliche, bald krystallinisch erstarrende Destillat liefert nun beim nochmaligen Behandeln mit Weingeist sehr leicht fast farblose verfilzte dünne Nadeln der neuen Verbindung, deren Schmelzpunkt zwischen 88 und 90° C. liegt und welche, wie folgt, zusammengesetzt ist:

I. 0·3577 Grm. Substanz gaben 0·2378 Grm. Kohlensäure und 0·0090 Grm. Wasser.

II. 0·4001 Grm. Substanz gaben 7·1 CC. Stickstoff bei 749·2 Mm. und 20·5° C.

III. 0·6581 Grm. Substanz gaben 1·2294 Grm. Bromsilber.

IV. 0·5455 „ „ „ 1·0217 „ „

In 100 Theilen:

	I.	II.	III.	IV.
C	18·13	—	—	—
H	0·28	—	—	—
N	—	1·99	—	—
Br.....	—	—	79·49	79·70.

Die Formel C_9HBr_6N verlangt:

Berechnet		Gefunden	
C	17·91	C	18·13
H	0·16	H	0·28
N	2·32	N	1·99
Br.....	79·60	Br.....	79·49.

Mit Natriumamalgam lässt sich aus diesem Rohproduct ein mit Äther ausziehbares Öl erhalten, welches den auffälligen Geruch und die Eigenschaften des Chinolins besass. Zur weiteren Reinigung und Analyse war jedoch die erhaltene Menge viel zu gering.

Cinchomeronsäure.

Nach der oben beschriebenen Reinigung erscheint diese Säure bei der Krystallisation aus mit Salpetersäure sauer gemachtem Wasser in kleinen, zu losen warzen- und krustenförmigen Aggregaten verwachsenen Nadeln, die, getrocknet, eine farblose, lockere, glanzlose Krystallmasse bilden.

Ihr Geschmack ist sauer, ihr bestes Lösungsmittel Wasser, dem etwas Salzpetersäure zugesetzt war.

Reines Wasser löst auch in der Hitze die Säure nur sehr träge, Alkohol wenig, Äther fast gar nicht.

Beim Erhitzen schmilzt die Säure, zersetzt sich aber auch sehr rasch, während nur ein kleiner Theil sublimirt. Ihre Krystalle sind immer wasserfrei.

Die Analysen ergaben:

I. 0·3042 Grm. Substanz gaben 0·5567 Grm. Kohlensäure und 0·0808 Grm. Wasser.

II. 0·3046 Grm. Substanz gaben 0·5578 Grm. Kohlensäure und 0·0839 Grm. Wasser.

III. 0·3005 Grm. Substanz gaben 0·5493 Grm. Kohlensäure und 0·0841 Grm. Wasser.

IV. 0·2942 Grm. Substanz gaben 28·2 CC. Stickstoff bei 755·5 Mm. und 16·3° C.

V. 0·2940 Grm. Substanz gaben 26·8 CC. Stickstoff bei 747·3 Mm. und 17° C.

In 100 Theilen:

	I.	II.	III.	IV.	V.
C	49·91	49·95	49·86	—	—
H	2·95	3·06	3·11	—	—
N	—	—	—	11·07	10·41.

Aus diesen Zahlen berechnet sich die Formel $C_{11}H_8N_2O_6$, sie verlangt:

Berechnet		Gefunden im Mittel	
C	50·00	C	49·90
H	3·03	H	3·04
N	10·60	N	10·74.

Die gegebene Formel wird durch die Salze des Calciums, Baryums, Kupfers und Silbers bestätigt, welche ich dargestellt und analysirt habe.

Nach denselben ist die Cinchomeronsäure eine dreibasische Säure.

Calciumsalz. Man kann sehr leicht dieses Salz in schönen drusigen, aus langen Prismen gebildeten Krystallaggregaten erhalten, wenn man eine ammoniakalische Lösung der Säure mit concentrirtem Chlorcalcium versetzt. Sättigt man die wässerige Säurelösung mit kohlensaurem Kalk ab, so entsteht dasselbe Salz, aber in kleinen unansehnlichen Krystallen.

Das Salz enthält zwar eine beträchtliche Menge Krystallwasser, entlässt dasselbe aber erst bei 190° C. vollständig und verwittert nicht.

Es ist im Wasser nahezu unlöslich.

Die Analysen des bei 190° getrockneten Salzes ergaben:

I. 0·2671 Grm. Substanz gaben 0·4019 Grm. Kohlensäure und 0·0400 Grm. Wasser.

II. 0·3295 Grm. Substanz gaben 24·7 CC. Stickstoff bei 742·3 Mm. und 18·3° C.

III. 0·6242 Grm. Substanz gaben 0·1638 Grm. Ätzkalk.

IV. 0·4745 „ „ „ 0·3016 „ schwefelsauren Kalk.

In 100 Theilen:

	I.	II.	III.	IV.	$C_{11}H_5\overset{I}{Ca}_3N_2O_6$
C	41·01	—	—	—	C .... 41·12
H	1·66	—	—	—	H .... 1·55
Ca ...	—	—	18·74	18·63	Ca ... 18·69
N	—	8·55	—	—	N .... 8·72.

Die Krystallwasserbestimmungen ergaben:

I. 0·6163 Grm. Substanz verloren bei 190° 0·1418 Grm. Wasser.

II. 0·3497 Grm. Substanz verloren bei 190° 0·0826 Grm. Wasser.

In 100 Theilen:

	I.	II.	$C_{11}H_5ca_2N_2O_6+5H_2O$
H_2O.....	22·99	23·62	H_2O..... 21·89.

Baryumsalz. Dieses Salz erhält man durch eine entsprechende Umsetzung des Ammonsalzes der Cinchomeronsäure mit Chlorbaryum.

Man mischt am besten die heissen concentrirten Lösungen der Salze zusammen, trennt die schnell herausfallenden atlasglänzenden nadelförmigen Krystalle von der Flüssigkeit und wäscht sie mit kaltem Wasser ab.

Es besitzt wie das vorige Krystallwasser, welches nur bei hoher Temperatur fortgeht und ist noch schwerer löslich wie dieses.

Die Analyse des bei 190° getrockneten Salzes ergab:

I. 0·2104 Grm. Substanz gaben 0·2154 Grm. Kohlensäure und 0·0232 Grm. Wasser.

II. 0·4012 Grm. Substanz 19 CC. Stickstoff bei 748·1 Mm. und 18·3° C.

III. 0·5015 Grm. Substanz gaben 0·3759 Grm. schwefelsauren Baryt.

IV. 0·4004 Grm. Substanz gaben 0·3033 Grm. schwefelsauren Baryt.

In 100 Theilen:

	I.	II.	III.	IV.	$C_{11}H_5ba_2N_2O_6$
C	27·92	—	—	—	C .... 28·30
H	1·23	—	—	—	H .... 1·07
Ba....	—	—	44·08	44·11	Ba.... 44·05
N	—	5·76	—	—	N .... 6·00.

Die Krystallwasserbestimmungen gaben:

I. 0·5428 Grm. Substanz verloren, bei 190° getrocknet, 0·0413 Grm. Wasser.

II. 0·4321 Grm. Substanz verloren, bei 190° getrocknet, 0·0317 Grm. Wasser.

In 100 Theilen:

	I.	II.	$C_{11}H_5ba_3N_2O_6+2H_2O$
H_2O.....	7·60	7·34	H_2O..... 7·25.

Kupfersalz. Eine unter Zusatz von einigen Tropfen Essigsäure bereitete wässerige Lösung der Cinchomeronsäure gibt mit essigsaurem Kupferoxyd einen himmelblauen, undeutlich krystallinischen Niederschlag dieses Salzes, welches wasserfrei und fast ganz unlöslich in Wasser ist.

Die Analyse gab:

I. 0·4636 Grm. Substanz gaben 0·1531 Grm. Kupferoxyd.
II. 0·4218 „ „ „ 0·1401 „ „

In 100 Theilen:

	I.	II.	$C_{11}H_5cu_3N_2O_8$
Cu.....	26·38	26·51	Cu..... 26·7.

Silbersalz. Weisser, ziemlich lichtbeständiger Niederschlag, den eine Silbersolution in einer mit Ammoniak neutralisirten Lösung der Cinchomeronsäure hervorbringt.

Er zeigt folgenden Silbergehalt:

I. 0·4665 Grm. Substanz gaben 0·2576 Grm. Silber.
II. 0·4875 „ „ „ 0·2711 „ „

In 100 Theilen:

	I.	II.	$C_{11}H_5Ag_3N_2O_6$
Ag.....	55·23	55·61	Ag..... 55·38.

Die Cinchomeronsäure gibt keine Platindoppelverbindung, wie Chinolsäure und Cinchoninsäure.

Sie enthält keinen Stickstoff in der Form eines sauerstoffhaltigen Radicals; mit Ätzkali geschmolzen, wird sie vollständig zersetzt, ohne dass sich salpetrigsaures oder salpetersaures Kali bildet.

Sehr tief eingreifend ist auch die Einwirkung des Broms bei Gegenwart von Wasser auf diese Säure. Das Hauptproduct dieser Reaction ist eine bromhaltige, gelbe, krystallinische, schwer zu reinigende, stickstoffhaltige Substanz; daneben bildet sich Bromoform und Kohlensäure.

Das Kalksalz der Säure mit überschüssigem Ätzkalk, der Destillation unterworfen, liefert eine flüchtige Base, für welche nach angemessener Reinigung bei der Analyse die Procentgehalte des Pyridins (C_5H_5N) gefunden wurden.

Das Rohdestillat ist eine zunächst bräunlichgelbe Flüssigkeit von dem penetranten Geruche dieser Verbindung, die an der Luft dunkelroth wird. Durch festes Ätzkali wurde sie vom Wasser befreit, das ausgeschiedene Öl abgehoben und rectificirt.

Das Rectificat war farblos und gab alle Reactionen des Pyridins.

Die Analyse dieser Verbindung gab:

0·2442 Grm. Substanz gaben 0·6776 Grm. Kohlensäure und 0·1453 Grm. Wasser.

In 100 Theilen:

Gefunden		C_5H_5N	
C	75·68	C	75·94
H	6·61	H	6·32.

Ich besass eine nur verhältnissmässig kleine Menge von diesem Körper, so dass eine richtige Siedepunktsbestimmung nicht auch zur Controle hätte ausgeführt werden können.

Den von der Verbrennung erübrigten Rest benützte ich zur Darstellung eines Platindoppelsalzes, welches folgende Zusammensetzung auswies:

I. 0·4087 Grm. Substanz gaben 0·1406 Grm. Platin.
II. 0·3234 „ „ „ 0·4903 „ Chlorsilber.

In 100 Theilen:

	I	II	$C_5H_5N+HCl+ptCl_2$	
Pt	34·40	—	Pt	34·60
Cl	—	37·51	Cl	37·34.

Erhitzt man Cinchomeronsäure (am besten in einer zugeschmolzenen Röhre) mit concentrirter Salpetersäure, so wird sie ganz allmälig höher oxydirt und geht in Oxycinchomeronsäure über, eine Verbindung, die an einer mit Eisenvitriol entstehenden dunkelrothen Farbenerscheinung leicht erkennbar ist.

Oxycinchomeronsäure.

Diese Säure, welche sich auch unter den Oxydationsproducten des Cinchonins befindet (Partie *D*), von deren Trennung und Reinigung durch ihr Kalksalz bereits die Rede war, bildet völlig farblose, meistens zu dünnen lockeren Krusten verwachsene, stark glänzende Blättchen und Tafeln.

Sie löst sich ziemlich beträchtlich schon in kaltem Wasser und schmeckt stark sauer. Auch verdünnter Weinstein bringt sie in Lösung, während sie in Äther unlöslich ist.

Eisenvitriollösung reagirt sehr empfindlich auf dieselbe. Die Flüssigkeit wird dadurch so blutroth wie Lösungen von Schwefelcyanverbindungen durch Eisenoxydsalze; die Färbung wird jedoch durch freie Säuren zum Verschwinden gebracht.

Sie enthält Krystallwasser, welches sie bei 120° C. vollständig verliert.

Ihre procentische Zusammensetzung ergibt sich aus folgenden Daten:

I. 0·3102 Grm. Substanz gaben 0·5040 Grm. Kohlensäure und 0·0785 Grm. Wasser.

II. 0·3046 Grm. Substanz gaben 0·4959 Grm. Kohlensäure und 0·0787 Grm. Wasser.

III. 0·2878 Grm. Substanz gaben 0·4710 Grm. Kohlensäure und 0·0736 Grm. Wasser.

IV. 0·3412 Grm. Substanz gaben 27·6 CC. Stickstoff bei 746·5 Mm. und 16·1° C.

V. 0·2968 Grm. Substanz gaben 25·2 CC. Stickstoff bei 744·2 Mm. und 17·4° C.

In 100 Theilen:

	I.	II.	III.	IV.	V.
C	44·31	44·40	44·63	—	—
H	2·81	2·87	2·84	—	—
N	—	—	—	9·26	9·62.

Die aus diesen Gehalten berechnete Formel $C_{11}H_8N_2O_8$ verlangt:

Berechnet		Gefunden	
C	44·59	C	44·44
H	2·70	H	2·84
N	9·26	N	9·44.

Von Salzen habe ich untersucht, das mit Calcium, Kupfer, Silber und Kalium.

Das Kalksalz wird erhalten, wenn man eine ammoniakalische Lösung der Säure mit Chlorcalcium versetzt. Es bildet unansehnliche, blumenkohlartig verwachsene, matte, kleine, sandige Krystallgruppen. Es ist fast unlöslich in Wasser und identisch mit jenem, welches durch Absättigen der Säure mit kohlensaurem Kalk entsteht.

Die Analyse ergab:

I. 0·3237 Grm. Substanz gaben 0·4194 Grm. Kohlensäure und 0·0326 Grm. Wasser.

II. 0·6087 Grm. Substanz gaben 0·1782 Grm. Ätzkali.

III. 0·5892 „ „ „ 0·4255 „ schwefelsauren Kalk.

In 100 Theilen:

				$C_{11}H_4ca_4N_2O_8$
C	35·34	—	—	C ..... 35·49
H	1·12	—	—	H ..... 1·07
Ca	—	20·91	21·24	Ca .... 21·50.

Das Kupfersalz fällt aus der Säurelösung mit essigsaurem Kupferoxyd sogleich als ein etwas schleimiger amorpher Niederschlag von schön lichthimmelblauer Farbe, der sich wegen seiner Schwerlöslichkeit gut mit Wasser waschen lässt.

Die Kupferbestimmungen ergaben:

I. 0·4125 Grm. Substanz 0·1292 Grm. Kupferoxyd.

II. 0·3919 „ „ 0·1220 „ „

In 100 Theilen:

	I.	II.	$C_{11}H_5cu_2N_2O_8$
Cu	25·01	24·86	Cu ..... 24·50.

Das Silbersalz wurde aus der ammoniakalischen, durch anhaltendes Kochen vom Überschusse des Ammoniaks befreiten

Lösung durch Fällen mit Silbernitrat erhalten. Weisser am Licht und beim Trocknen etwas dunkel werdender Niederschlag, welcher, wie folgt, zusammengesetzt ist:

I. 0·4178 Grm. Substanz gaben 0·2512 Grm. Silber.
II. 0·3976 „ „ „ 0·2399 „ „

In 100 Theilen:

	I.	II.	$C_{11}H_4Ag_4N_2O_8$
Ag.....	60·12	60·34	Ag..... 59·66.

Das Kaliumsalz, erhalten durch Neutralisation der Säurelösung mit kohlensaurem Kali, stellt nach dem Auskrystallisiren der stark eingedampften Lösung eine aus kleinen, tafelförmigen, sehr hygroskopischen Krystallen bestehende Salzmasse dar, welche, bei 130° getrocknet, bei der Analyse folgende Resultate ergab:

I. 1·1288 Grm. Substanz gaben 0·8688 Grm. schwefelsaures Kali.
II. 0·8643 Grm. Substanz gaben 0·6663 Grm. schwefelsaures Kali.

In 100 Theilen:

	I.	II.	$C_{11}H_4K_4N_2O_8$
K.....	34·55	34·61	K..... 34·88.

Die Oxycinchomeronsäure, sowie vornehmlich die Cinchomeronsäure bieten dadurch ein besonderes Interesse, dass der Stickstoff derselben durch nascirenden Wasserstoff in der Form von Ammoniak total eliminirt werden kann.

Dadurch entsteht eine neue starke Säure, für welche ich den Namen „Cinchonsäure“ gebrauchen will.

Ich habe mich zur Darstellung derselben stets der Cinchomeronsäure bedient, mich jedoch auf das verlässlichste überzeugt, dass aus dem aus der Oxycinchomeronsäure entstehenden N-freien Product das gleiche, später zu beschreibende Pyroproduct erhaltbar ist.

Man erhitzt in einem Kolben eine Lösung von Cinchomeronsäure in verdünnter Kalilauge mit Natriumamalgam so lange, bis Ammoniak weder durch den Geruch, noch durch andere Reactionen mehr nachgewiesen werden kann. Um diese Zeit ist die anfangs gelb gefärbte Flüssigkeit völlig entfärbt.

Man neutralisirt sie nun auf das genaueste mit verdünnter Essigsäure und bringt dann eine Lösung von Bleiessig hinzu. Dadurch entsteht eine copiöse Fällung eines kreideweissen Bleisalzes, welches man auf einem Filter mit kaltem Wasser gut auswäscht.

Ich habe den Niederschlag hierauf in der Regel auch noch abgepresst, dann wieder zum Schlamm zerrieben und mit Schwefelwasserstoff zersetzt.

Das Filtrat vom Schwefelblei hinterlässt nun beim vorsichtigen Eindampfen auf dem Wasserbade einen noch etwas gefärbten sehr sauren Syrup.

Diese Färbung lässt sich durch Thierkohle, wenn man ihn wieder in Wasser aufnimmt und damit kocht, entfernen.

Der syrupöse Zustand der Cinchonsäure erschwert sehr ihre Reinigung. Sie ist, wie ich beobachten konnte, nicht eigentlich krystallisationsunfähig, allein es braucht Monate, bis sich in ihr die ersten Krystallansätze zeigen, und wieder sehr lange Zeit, bis die Masse zu einem salbenartigen Brei geworden ist, aus dem sich die ausserordentlich zerfliesslichen Kryställchen kaum isoliren lassen.

Diese, wie beschrieben, gewonnene Säure ist zwar rein genug, um auf ein für sie sehr charakteristisches Pyroproduct verarbeitet zu werden, aber nicht rein genug für die Analyse und Darstellung von Salzen.

Für diese letzteren Zwecke muss man sie noch mit Äther behandeln, mit welchem man sie in einer Reibschale sehr andauernd abrührt. (Aus einer wässerigen Lösung nimmt Äther die Säure beim Schütteln nicht auf.) Nach dem Abdunsten der klar filtrirten ätherischen Säurelösung hinterbleibt die nunmehr vollkommen aschenfreie farblose Substanz.

Sie wurde unter der Luftpumpe über Schwefelsäure getrocknet und vor der Verbrennung so lange bei 120° erhalten, bis ihr Gewicht constant blieb; sie gab dann bei der Analyse:

0·3319 Grm. Substanz gaben 0·5549 Grm. Kohlensäure und 0·1467 Grm. Wasser.

In 100 Theilen:

C ..... 45·60
H ..... 4·91.

Diesen Zahlen entspricht die Formel $C_{11}H_{14}O_9$.

$C_{11}H_{14}O_9$		Gefunden	
C	45·51	C	45·60
H	4·82	H	4·91.

Die Cinchonsäure schmeckt stark und angenehm sauer wie Weinsäure.

Auf dem Platinblech erhitzt, bläht sie sich auf, entwickelt einen reizenden Dampf und hinterlässt sehr wenig leicht verbrennliche Kohle.

Ihre wässerige Lösung wird nicht gefällt von Salzen des Silbers, Kupfers und denen der Eisengruppe, Bleizuckerlösung gibt einen weissen, in viel Wasser löslichen Niederschlag. Sie reducirt nicht eine Trommer'sche Kupferlösung. Die wenigen Salze, die ich darstellen konnte, sind amorph.

Silbersalz aus der mit Ammoniak genau abgesättigten Säurelösung durch Silbersalpeter als weisse, schwere, lichtbeständige, leicht auszuwaschende Fällung erhalten, die, getrocknet, bei der Analyse folgende Daten gab:

I. 0·3856 Grm. Substanz gaben 0·3037 Grm. Kohlensäure und 0·0634 Grm. Wasser.

II. 0·7468 Grm. Substanz gaben 0·393 Grm. Silber.

In 100 Theilen:

	I.	II.	$C_{11}H_{11}Ag_2O_9$	
C	21·48	—	C	21·60
H	1·82	—	H	1·80
Ag	—	52·62	Ag	53·02.

Kupfersalz. Dargestellt durch Auflösen von Kupferoxydhydrat in einer heissen Lösung der Säure, Filtriren und Fällen des blaugrünen Filtrats mit Alkohol. Die im Wasser ausser-

ordentlich leicht löslichen lichtbläulichen Flocken werden mit Alkohol gut gewaschen und trocknen dann zu einem blauen sandigen Pulver aus.

Die Analyse ergab:

I. 0·3812 Grm. Substanz gaben 0·4812 Grm. Kohlensäure, 0·0952 Grm. Wasser und 0·1194 Grm. Kupferoxyd.

II. 0·3314 Grm. Substanz gaben 0·1042 Grm. Kupferoxyd.

In 100 Theilen:

	I.	II.	$C_{11}H_{11}\overset{I}{Cu}_2O_9$
C	34·41	—	C ..... 34·54
H	2·79	—	H ..... 2·88
Cu	25·02	25·11	Cu .... 24·88.

Calciumsalz. Die Lösung der Säure wurde mit kohlensaurem Kalk abgesättigt, das Filtrat eingedampft. Es hinterbleibt in der Form eines zum weissen Pulver zerreiblichen gummiartigen Rückstandes.

Die Kalkbestimmungen der getrockneten Substanz ergaben:

I. 0·4146 Grm. Substanz gaben 0·2509 Grm. schwefelsauren Kalk.

II. 0·4735 Grm. Substanz gaben 0·2847 Grm. schwefelsauren Kalk.

In 100 Theilen:

	I.	II.	$C_{11}H_{11}Ca_2O_9$
Ca.....	17·80	17·68	Ca..... 17·57.

Die Analysen der Salze bestätigen die Formel der Cinchonsäure ($C_{11}H_{14}O_9$) und ihre Entstehung aus der Cinchomeronsäure erfolgt dann nach der Gleichung:

$$\underset{\text{Cinchomeronsäure}}{C_{11}H_8N_2O_8} + 3H_2O + H_6 = \underset{\text{Cinchonsäure}}{C_{11}H_{14}O_9} + 2NH_3.$$

Pyrocinchoninsäure.

Bei der trockenen Destillation der Cinchonsäure geht ein Öl über, welches, auf Uhrgläsern aufgefangen, sofort krystal-

linisch erstarrt. Gleichzeitig entweicht unter mässigem Schäumen des Retorteninhalts reichlich Kohlensäure und etwas Wasser.

In diese drei Producte zerfällt die Cinchonsäure sehr glatt mit Hinterlassung eines äusserst geringen kohligen Rückstandes.

Das schöne krystallinische Pyroproduct wurde zunächst tüchtig abgepresst und dann nochmals umdestillirt; man erhält es dadurch absolut farblos und von prächtigem, blättrigem, krystallinischem Gefüge.

Es ist in Äther und Alkohol leichter löslich als in Wasser und kann besonders aus Äther in sehr rein ausgebildeten, tafelförmigen, perlmutterartig glänzenden Krystallen erhalten werden.

Es schmilzt unter heissem Wasser und verflüchtigt sich beim Kochen mit den Wasserdämpfen. Der Geschmack ist auffallend süss, die Reaction auf Lakmus stark sauer. Es schmilzt bei 95° C. Gegen Metallsalzlösungen verhält sich die Pyrocinchonsäure wie die Cinchonsäure selbst.

Die unter der Luftpumpe gut getrocknete Säure gab bei der Verbrennung:

I. 0·3102 Grm. Substanz gaben 0·6491 Grm. Kohlensäure und 0·1343 Grm. Wasser.

II. 0·2680 Grm. Substanz gaben 0·5604 Grm. Kohlensäure und 0·1146 Grm. Wasser.

III. 0·2884 Grm. Substanz gaben 0·6047 Grm. Kohlensäure und 0·1248 Grm. Wasser.

In 100 Theilen:

	I.	II.	III.
C	57·07	57·02	57·18
H	4·81	4·75	4·81.

Die diesen Zahlen entsprechende Formel $C_{10}H_{10}O_5$ verlangt:

	Berechnet		Gefunden im Mittel
C	57·14	C	57·09
H	4·76	H	4·79.

Ich habe für die Bestätigung der Formel nur ein Silbersalz anzuführen.

Zur Darstellung einer grossen Reihe von Salzen reichte mein Material nicht hin. Nach den Sättigungsversuchen, die ich

anstellte, sind übrigens die Salze der Pyrocinchonsäure sehr schwer rein und krystallisirt zu erhalten.

Das erwähnte Silbersalz ist ein weisser, amorpher, lichtbeständiger Niederschlag, welcher aus der ammoniakalischen Säurelösung durch Fällen mit Silbersalpeter erhalten wird.

Die Analyse ergab:

I. 0·4246 Grm. Substanz gaben 0·3450 Grm. Kohlensäure, 0·0551 Grm. Wasser und 0·2582 Grm. Silber.

II. 0·4131 Grm. Substanz gaben 0·2536 Grm. Silber.

In 100 Theilen:

	I.	II.	$C_{10}H_7Ag_3O_5$
C	22·16	—	C ..... 22·59
H	1·44	—	H ..... 1·31
Ag	60·81	61·40	Ag .... 61·01.

Das Zerfallen der Cinchonsäure in der Hitze findet seinen Ausdruck in der Gleichung

$$C_{11}H_{14}O_9 = C_{10}H_{10}O_5 + CO_2 + 2H_2O.$$

Ich habe die Pyrocinchonsäure durch chromsaures Kali und Schwefelsäure oxydirt, dabei jedoch nur Essigsäure und Kohlensäure erhalten.

Von schmelzendem Ätzkali wird sie sowohl, als auch die Cinchonsäure unter einer stürmischen Reaction zu Oxalsäure und den niederen Fettsäuren oxydirt.

Acetylchlorid ist ohne Einwirkung auf die Pyrocinchonsäure.

Hydropyrocinchonsäure.

Wenn man eine alkalische Lösung der Pyrocinchonsäure mehrere Stunden lang mit Natriumamalgam im Sieden erhält, dann mit Schwefelsäure absättigt und mit Äther ausschüttelt, so erhält man nach dem Verjagen des Äthers einen krystallinischen Rückstand, der durch Auflösen in Wasser in der Form kleiner matter Nadeln wieder erhalten wird. Diese neue Verbindung hat

einen ziemlich sauren Geschmack und schmilzt bei 170° C. Sie ist grösstentheils sublimirbar.

Bei ihrer Bildung ist Wasserstoff und Wasser gebunden worden.

Die Analyse ergab:

I. 0·3014 Grm. Substanz gaben 0·5326 Grm. Kohlensäure und 0·1793 Grm. Wasser.

II. 0·3112 Grm. Substanz gaben 0·5535 Grm. Kohlensäure und 0·1781 Grm. Wasser.

In 100 Theilen:

	I.	II.
C	48·19	48·51
H	6·61	6·56.

Die aus diesen Zahlen berechnete Formel $C_{10}H_{10}O_7$ verlangt:

	Berechnet		Gefunden
C	48·38	C	48·35
H	6·45	H	6·48.

Ein Silbersalz, so dargestellt, wie das der Pyrocinchonsäure (weisser, etwas krystallinischer Niederschlag), gab bei der Analyse:

0·3643 Grm. Substanz gaben 0·2087 Grm. Silber.

In 100 Theilen:

		$C_{10}H_{12}Ag_2O_7$
Ag.....	57·28	Ag..... 56·94.

Man hat für die Entstehung des Hydroproductes folgende Gleichung:

$$C_{10}H_{10}O_5+2H_2O+H_2 = C_{10}H_{14}O_7.$$

Eine Erklärung der Thatsachen, die ich im Vorstehenden mitgetheilt habe, und für deren Richtigkeit ich, weil ich alle die Versuche nochmals wiederholt habe, bürgen zu dürfen glaube, stösst auf bedeutende Schwierigkeiten, und eine rationelle Formel des Cinchonins jetzt schon aus ihnen abzuleiten, geht darum nicht an, weil wir eine solche rationelle bewiesene

Formel für das Chinolin noch nicht besitzen, als dessen Derivat man eines der Hauptzersetzungsproducte, die Chinolsäure zu betrachten genöthigt ist und, weil anderntheils die stickstoffreien Zersetzungsproducte, die ich erhalten habe, auch nicht in die Reihe schon gekannter Verbindungen gehören.

Gleichwohl kann man versucht sein, sich eine hypothetische Vorstellung über diese Verhältnisse zu bilden, wäre es auch nur, um sich durch sie einen Ausgangspunkt für die Anstellung weiterer Versuche zu schaffen.

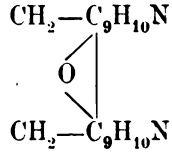
Nur von diesem Gesichtspunkte aus möchte ich die Betrachtungen, die ich mir noch vorzutragen erlaube, beurtheilt wissen.

In der Cinchoninsäure hat man offenbar ein Oxydations- und Übergangsproduct des Cinchonins mit dem Kohlenstoffgehalt C_{20} vor dessen weiterem Zerfallen in die zwei Hauptzersetzungsproducte, die Chinolsäure mit C_9 und die Cinchomeronsäure mit C_{11}.

Es sei nun für einen Augenblick angenommen, das Cinchonin liefere Chinolin nach der Gleichung:

$$\underbrace{C_{20}H_{24}N_2O}_{\text{Cinchonin}} = H_2O + \underbrace{2CH_4}_{\text{Methan}} + \underbrace{2C_9H_7N}_{\text{Chinolin}}.$$

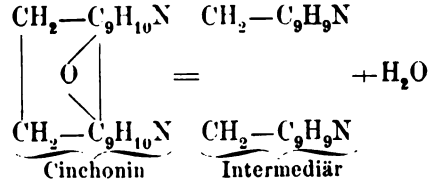
Es habe das Cinchonin ferner die symmetrische Formel



so könnte es nach Abtrennung von H_2O durch einen ganz normalen Austausch von H_4 gegen O_4 in die Cinchoninsäure übergehen.

Man hätte dann folgende Phasen:

I.



II. $\underbrace{CH_2-C_9H_9N}_{CH_2-C_9H_9N}+8O = \underbrace{COOH-C_9H_6N}_{\text{Cinchoninsäure}}+2H_2O + COOH-C_9H_6N+2H_2O.$

$COOH-C_9H_6N = C_{10}H_7NO_2$ ist die Hälfte der für die Cinchoninsäure aufgestellten empyrischen Formel; sie könnte auch das Carboxylderivat des Chinolins (C_9H_7N) sein.

Mit Rücksich· jedoch auf ihren Zerfall bei der weiteren Oxydation in Chinolsäure und Cinchomeronsäure ist dieselbe vielleicht zu verdoppeln, und dafür spricht auch noch, dass saure Salze dieser Säure erhaltbar sind, wenn sie auch schlecht und schwierig krystallisiren und kaum rein darzustellen sind.

Die Chinolsäure steht zum Chinolin sehr wahrscheinlich in folgender höchst einfachen Beziehung:

$$\underbrace{C_9H_7N}_{\text{Chinolin}} \qquad \underbrace{C_9\begin{pmatrix}H\\OH\\OH\\NO_2\end{pmatrix}N}_{\text{Chinolsäure}}.$$

Dass die Chinolsäure die Hälfte ihres Stickstoffes als NO_2 enthält, glaube ich bewiesen zu haben; der Annahme der zwei OH-Gruppen widersprechen wenigstens nicht ihre Basicitätsverhältnisse.

Bei ihrer Bildung aus der Cinchoninsäure würde dieser Säure $= C_{20}H_{14}N_2O_4$ zunächst eine Spaltung in die beiden unsymmetrischen Hälften C_9H_7N und $C_{11}H_7NO_4$ vorausgehen können.

Aus der einen Hälfte C_9H_7N entstünde die Chinolsäure.

Die andere $C_{11}H_7NO_4$ gäbe dann unter dem Einflusse der bei dem ganzen Processe fortwährend gebildeten salpetrigen Säure die Cinchomeronsäure nach der Gleichung

$$C_{11}H_7NO_4+H_2O+NHO_2 = \underbrace{C_{11}H_8N_2O_6}_{\text{Cinchomeronsäure}}+H_2O.$$

Diese Annahme kann man, scheint es auf Grund der Thatsache machen, dass aus dem Zusammenwirken von NHO_2 und H_2O amidartige Producte entstehen.

So suchte kürzlich Liebermann[1] auf Grund der Gleichung

$$NH_3+3O = H_2O+NHO_2$$

das Orcin durch salpetrige Säure in Orcein überzuführen, und in der That ist sowohl ihm als auch Weselsky[2] die Darstellung solcher orceïnartiger Producte gelungen, die bestimmt nicht den Stickstoff als sauerstoffhaltiges Radical enthalten.

Für die Auffassung der Cinchomeronsäure ist massgebend:

1. Dass sie eine dreibasische Säure ist. Demnach hat man für sie folgende nähere Formel:

$$C_8H_5N_2\begin{cases}COOH\\COOH\\COOH\end{cases}$$

2. Aus ihr geht durch einen einfachen Oxydationsprocess die Oxycinchomeronsäure hervor:

$$\underbrace{C_{11}H_8N_2O_6}_{\text{Cinchomeronsäure}}+2O = \underbrace{C_{11}H_8N_2O_8}_{\text{Oxycinchomeronsäure}}.$$

Die letztere ist dreibasisch und fünfatomig.

$$C_8H_3(OH)_2N_2\begin{cases}COOH\\COOH\\COOH\end{cases}.$$

3. Die Cinchomeronsäure entlässt bei der Einwirkung von Wasserstoff ihren Stickstoff vollständig als Ammoniak und geht dadurch in die gleichfalls dreibasische und sechsatomige Cinchonsäure über. Die Beziehung dieser beiden Säuren wäre:

$$\underbrace{C_8H_5N_2\begin{cases}COOH\\COOH\\COOH\end{cases}}_{\text{Cinchomeronsäure}} \qquad \underbrace{C_8H_8(OH)_3\begin{cases}COOH\\COOH\\COOH\end{cases}}_{\text{Cinchonsäure}}.$$

Beide Säuren liessen sich demnach von einem dreiatomigen als Radical gedachten Kohlenwasserstoff C_8H_{11} ableiten.

---

[1] Berl. Ber. 1874. pag. 247.

[2] Berl. Ber. 1874. pag. 439.

In der Cinchomeronsäure sind dann H_6 durch N_2, in der Cinchonsäure H_3 durch drei HO ersetzt.

Die Cinchonsäure geht weiter hin unter Verlust von CO_2 und $2H_2O$ in die Pyrocinchonsäure $C_{10}H_{10}O_5$ über.

$$C_{11}H_{14}O_9 = C_{10}H_{10}O_5 + 2H_2O + CO_2,$$

welche dieselbe empyrische Formel wie die Opiansäure hat, jedoch mit derselben in keiner näheren Beziehung zu stehen scheint.

Sie enthält drei durch Metalle ersetzbare Wasserstoffatome und ihre Formel ist darum möglicherweise:

$$\underbrace{C_8H_7(OH)\begin{cases}COOH\\COOH\end{cases}}_{\text{Pyrocinchonsäure}}$$

Zu einer weiteren Auflösung der Formel genügt der Umstand allein noch nicht, dass die Pyrocinchonsäure H_2 und $2H_2O$ zu addiren im Stande ist, und ich will erst dann auf diese vorläufigen Betrachtungen wieder zurückkommen, wenn neues Material an Thatsachen vorliegt.

Erwähnt sei nur noch, dass man als eine Analogie für die Beziehung zwischen der Cinchon- und Pyrocinchonsäure allenfalls das Verhältniss der Citronensäure zu Itaconsäure anführen kann.

$$\underbrace{C_6H_8O_7}_{\text{Citronsäure}} - CO_2 - H_2O = \underbrace{C_5H_6O_4}_{\text{Itaconsäure}}$$

$$\underbrace{C_{11}H_{14}O_9}_{\text{Cinchonsäure}} - CO_2 - 2H_2O = \underbrace{C_{10}H_{10}O_5}_{\text{Pyrocinchonsäure}}$$

Sollte sich später die anfangs angegebene Formel des Cinchonins bestätigen, so wäre damit auch ein Einblick in die Isomerie des Cinchonins und Cinchonidins gewonnen, welche auf die Isomerie von Äthylen und Äthyliden hinausliefe.

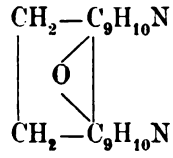
Nach Stahlschmidt[1] lassen sich bekanntlich Verbindungen dieser und anderer Basen mit Jodmethyl und dessen Homologen darstellen.

---

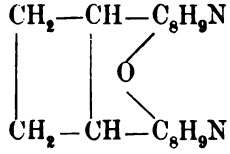
[1] Annal. d. Chem. u. Pharm. Bd. 90, pag. 218.

Ebenso gestattet die Formel eine Erklärung für die Bildung von H-reicheren Derivaten, wie sie Schützenberger,[1] Caventou und Wilm[2] und zuletzt Zorn[3] erhalten haben.

Besonders die aus einer sehr sorgfältigen Arbeit des letzteren Chemikers hervorgegangenen schönen Resultate dürften sich der vorgetragenen Formel



ziemlich gut anpassen lassen, denn diese Formel ist noch zunächst der folgenden Auflösung in



fähig.

Zorn hat nämlich gefunden, dass das Cinchonin mit H_2 und H_4 Hydrocinchonine bilden kann, die nach dieser Formel leicht verständlich werden.

Er beschreibt ferner als Chlorcinchonid eine Verbindung, die er aus der Einwirkung von Salzsäure auf Cinchonin in zugeschmolzenen Röhren erhalten hat.

Das Chlorcinchonid ist $C_{20}H_{23}N_2Cl$, und indem er annimmt, das Cinchonin enthalte den Sauerstoff als Hydroxyl, betrachtet er dasselbe als das entsprechende Chlorderivat.

$C_{20}H_{23}(OH)N_2$ Cinchonin.
$C_{20}H_{23}(Cl)N_2$ Chlorcinchonid.

Er hat sich jedoch ganz vergeblich bemüht, durch die Einwirkung von überhitztem Wasser und von alkoholischer Kalilauge aus dem Chlorcinchonid das Cinchonin zu regeneriren.

---

[1] Annal. d. Chem. u. Pharm. Bd. 108, pag. 351.
[2] Annal. d. Chem. u. Pharm. Suppl. Bd. VII, pag. 248.
[3] J. f. p. C. (N. F.). Bd. VIII, pag. 219.

Ebenso wenig konnte er daraus mit Wasserstoff im statu nascendi die Verbindung $C_{20}H_{24}N_2$ erhalten.

Statt dessen bekam er eine dem Chlorcinchonid isomere Substanz, welche ihn selbst zu der Äusserung nöthigt:[1] „auf welche Weise aber dieser dem Chlorcinchonid isomere Körper entsteht, ist bis jetzt vollständig unerklärlich, und erwähne ich daher nur das beobachtete Factum".

Er bemerkt ferner (pag. 288): „Dieses Verhalten ist in hohem Grade bemerkenswerth; es beweist, dass das Chlor im Chlorcinchonid mit einer ausserordentlichen Festigkeit gebunden ist, wie sich dieses sonst nur bei aromatischen Körpern findet, so dass man sich demnach genöthigt sieht, dem Chlor im Chlorcinchonid, sowie dem Hydroxyl im Cinchonin eine besondere Bedeutung bei der Constitution dieser Körper zuzuschreiben".

Die Zersetzungsproducte des Cinchonins, die ich meinestheils beschrieben habe, sprechen nun aber auch nicht gerade dafür, dass das Cinchonin zu den aromatischen Verbindungen zu zählen ist, und so dürfte es schwer sein, die Ansicht zu theilen, dass der Sauerstoff des Cinchonins in der Hydroxylform enthalten sei.

Die Stellung, die er in der oben gegebenen Cinchoninformel einnimmt, lässt die Verbindungen Zorn's nicht minder verständlich erscheinen, wenn sie auch nicht die einzige ist, die man für ihn annehmen kann.

Auffällig bleibt nach jeder dieser Ansichten, warum aus dem Chlorcinchonid bei der Behandlung mit Wasserstoff nicht wenigstens wieder ein wasserstoffreicheres dem Hydrocinchonin analoges Product entsteht.

Durch Oxydation seines Hydrocinchonins erhielt Zorn eine gelbe, amorphe, nitrirte Substanz, die er nicht genügend zu reinigen vermochte.

Man wird, liest man seine Beschreibung, nicht daran zweifeln können, dass er in derselben nichts anderes als rohe Chinolsäure in Händen hatte.

Caventou und Willm[2] oxydirten das Cinchonin mit übermangansaurem Kali und erhielten: 1. ein Hydrocinchonin

[1] J. f. p. C. (N. F.). Bd. VIII, pag. 290.

[2] Annal. d. Chem. u. Pharm. Suppl. Bd. VII, pag. 248.

$C_{20}H_{26}N_2O$, welches wohl mit dem ersten der Producte Zorn's identisch sein wird; 2. das Cinchonetin $C_{18}H_{20}N_2O_3$, eine neutrale krystallinische Verbindung, die sich sowohl in Säuren als Alkalien löst und durch Abtrennung von C_2H_4 aus obiger Formel unter Aufnahme von 2O entstanden sein könnte; 3. die Carbocinchoninsäure $C_{21}H_{14}N_2O_4$.

Der Abhandlung sind leider keine Analysen beigegeben. Die Formel $C_{21}H_{14}N_2O_4$ für die Carbocinchoninsäure und $C_{20}H_{14}N_2O_4$ für meine Cinchoninsäure verlangen Procentgehalte, die nur im Kohlenstoff wesentlich differiren:

$C_{21}H_{14}N_2O_4$		$C_{20}H_{14}N_2O_4$	
C	70·38	C	69·36
H	3·91	H	4·04
N	7·82	N	8·08.

Ich kann mich in Berücksichtigung der beschriebenen Salze der Carbocinchoninsäure, besonders des charakteristischen Kupfersalzes und der Platinverbindung der Vermuthung nicht enthalten, dass diese Säure mit meiner Cinchoninsäure identisch sei.

In einer nächsten Abhandlung werde ich über die Oxydationsproducte des Chinidins berichten.

Wien, Laboratorium des Prof. Hlasiwetz.

Die Erzeugung der Curven dritter Ordnung mittelst symmetrischer Elementensysteme zweiten Grades.

Von Dr. **Emil Weyr** in Prag.

(Mit 1 Holzschnitte.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 30. April 1874.)

1. Die symmetrischen Elementensysteme, auf deren Existenz ich schon vor einigen Jahren (Sitzungsb. d. kgl. böhm. Ges. d. W. vom 10. September 1869, „Ueber algebraische Curven“) hinzuweisen Gelegenheit hatte, haben für die geometrischen Forschungen schon deshalb eine sehr grosse Bedeutung, als die, so wichtigen involutorischen Systeme nur specielle symmetrische Systeme sind.

Wenn einem Elemente x eines einförmigen Gebildes nach irgend einem Gesetze n Elemente y entsprechen, und wenn jedem von den y solche n x entsprechen, unter denen sich das erstere x auch befindet, so nennen wir das einförmige Gebilde ein „symmetrisches Elementensystem n-ten Grades“. Die Gleichung zwischen den Parametern zweier entsprechender Elemente x, y wird also eine symmetrische Gleichung sein, welche jeden der beiden Parameter in der n-ten Ordnung enthält. Hieraus folgt, dass ein symmetrisches Elementensystem n-ter Ordnung durch $\frac{n(n+3)}{2}$ unabhängige Elementenpaare bestimmt sei. Wenn ein x mit einem y, welches ihm entspricht, zusammenfällt, so entsteht ein Doppelelement der ersten Art; solcher gibt es $2n$. Wenn zwei Elemente y, welche demselben x entsprechen, zusammenfallen, so entsteht ein Doppelelement der zweiten Art, welchem x als Verzweigungselement entspricht; solcher Doppelelemente gibt es $2n(n-1)$, welchen ebensoviele Verzweigungselemente entsprechen.

2. Auf einem Kegelschnitte C_2 befinde sich ein symmetrisches Elementensystem, z. B. ein Punktsystem n-ten Grades; was für

eine Curve ist das Erzeugniss des Systemes? Je zwei einander entsprechende Punkte x, y mit einander verbunden, liefern eine Tangente des Erzeugnisses, und da durch jeden Punkt x von C_2 nur jene n Tangenten hindurchgehen, welche x mit den n entsprechenden Punkten y verbinden, so ist das Erzeugniss eine Curve D^n n-ter Classe, welche wir die Directionscurve des symmetrischen Punktsystemes auf C_2 nennen wollen. Die Directionscurve D^n hat mit C_2, $2n$ gemeinschaftliche Tangenten, welche C_2 offenbar in den $2n$ Doppelpunkten erster Art berühren. Da jedem von den $2n$ $(n-1)$ Verzweigungspunkten zwei zusammenfallende Punkte (Doppelpunkte zweiter Art) entsprechen, so fallen auch zwei von den, durch den Verzweigungspunkt gehenden n-Tangenten der Curve D^n zusammen, d. h. jeder Verzweigungspunkt ist ein Punkt von D^n. Die Directionscurve schneidet somit den Träger C_2 in $2n$ $(n-1)$ Punkten — den Verzweigungspunkten — und ist daher von der n $(n-1)$-ten Ordnung, d. h. eine allgemeine Curve n-ter Classe, ohne Doppel- und Wendetangenten. Umgekehrt kann jede allgemeine Curve n-ter Classe D^n als Directionscurve eines symmetrischen Punktsystemes n-ten Grades auf C_2 betrachtet werden; dies geht daraus hervor, dass $\frac{n(n+3)}{2}$ die Zahl der beliebig zu wählenden Elementenpaare für ein symmetrisches Elementensystem und zugleich die Zahl der Tangenten ist, die man bei der Bestimmung einer allgemeinen Curve n-ter Classe beliebig wählen kann. Jede Tangente von D^n schneidet C_2 in zwei einander symmetrisch entsprechenden Punkten, und um die einem Punkte von C_2 entsprechenden zu finden, hat man nur durch ihn an D^n die n-Tangenten zu ziehen, welche C_2 in den gesuchten Punkten treffen.

Es braucht nicht besonders hervorgehoben zu werden, dass die Directionscurve eines auf C_2 befindlichen symmetrischen Tangentensystems n-ten Grades (d. h. der Ort der Schnittpunkte einander entsprechender Tangenten) eine allgemeine Curve D^n, n-ter Ordnung und $n(n-1)$-ter Classe ist, welche C_2 in den Berührungspunkten der $2n$ Doppeltangenten erster Art schneidet; die den beiden Curven C_2, D^n gemeinsamen $2n(n-1)$ Tangenten sind die Doppeltangenten der zweiten Art; u. s. w.

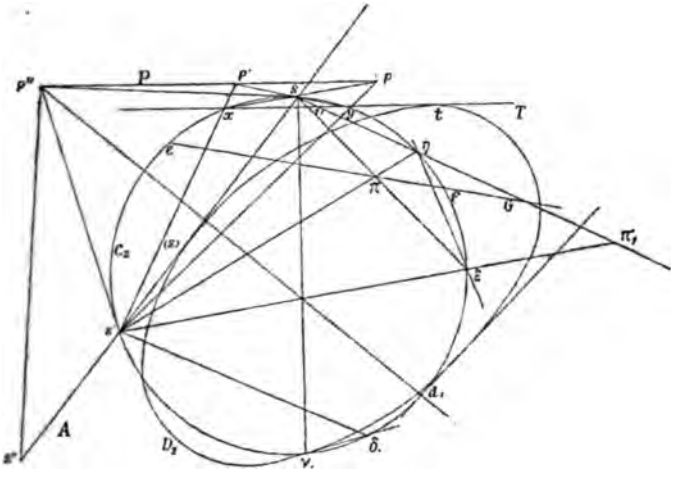
3. Es sei nun auf dem Kegelschnitte C_2 ein symmetrisches Punktsystem zweiten Grades, so dass jedem Punkte x zwei Punkte y entsprechen; die Einhüllende der Geraden $\overline{xy}$ ist in diesem Falle eine Curve zweiter Classe — der Directionskegelschnitt D^2. — Wenn man die beiden Punkte x, y aus zwei beliebigen Punkten ss' von C_2 projicirt, so erhält man zwei Strahlen X, Y, welche offenbar zwei zweideutigen Büscheln angehören; denn jedem Strahle X werden zwei Strahlen Y entsprechen, welche die beiden dem Punkte x entsprechenden Punkte y mit dem Scheitel s' des Büschels Y verbinden. Jede Tangente T von D^2 liefert jedoch zwei Paare entsprechender Strahlen; denn die Schnitte x, y von T mit C_2 entsprechen sich vertauschungsfähig, so dass also den Strahlen sx, sy die Strahlen $s'y$, $s'x$ entsprechen.

Das Erzeugniss der beiden Büschel ss' wird somit eine Curve der vierten Ordnung sein, für welche ss' zwei Doppelpunkte sind. (Vergleiche: „Erzeugung der algebraischen Curven und Flächen durch mehrdeutige Elementargebilde.“ Abhandl. d. kgl. b. Ges. d. W. 1870.) Die Tangenten der Doppelpunkte sind jene Strahlenpaare, welche dem, beiden Büscheln gemeinschaftlichen Strahle $\bar{s}\bar{s}'$ entsprechen, d. i. also jene Strahlen, welche den jeweiligen Doppelpunkt mit denjenigen zwei Punkten von C_2 verbinden, in denen dieser Kegelschnitt von den beiden durch den zweiten Doppelpunkt an D^2 gelegten Tangenten geschnitten wird.

Jede Tangente T liefert zwei Punkte der Curve vierter Ordnung, nämlich den Schnitt von sx, $s'y$ und jenen von sy, $s'x$; nach bekannten Eigenschaften des einem Kegelschnitte C_2 eingeschriebenen Viereckes $ss'\,xy$ folgt, dass die Verbindungslinie der beiden, einer Tangente T von D^2 entsprechenden Punkte der Curve vierter Ordnung durch einen festen Punkt hindurchgehe, nämlich durch den Pol von ss' in Bezug auf C_2. Da man die beiden Punkte ss' und fünf Tangenten von D^2 beliebig wählen kann, so haben wir den Satz: „Projicirt man aus zwei beliebigen Punkten ss' eines Kegelschnittes C_2 fünf beliebige Punktpaare x_iy_i [$i=1, 2, 3, 4, 5$], so erhält man zehn Strahlenpaare, welche sich in zehn Punkten einer Curve vierter

Ordnung schneiden, welche die beiden Punkte ss' zu Doppelpunkten hat; u. s. w.“

4. Von besonderem Interesse ist der Fall, welcher eintritt, wenn die Scheitel ss' ebenfalls zwei entsprechende Punkte des symmetrischen Systemes sind, d. h. wenn $\overline{ss'}$ eine Tangente des Directionskegelschnittes D^2 ist (siehe die Fig). In diesem Falle



sind nämlich die beiden Büschel in reducirter Lage. (Vergl.: Erzeugung der algebr. Curven u. s. w.) Denn der Strahl ss', welcher beiden Büscheln gemeinschaftlich ist, entspricht sich selbst. Das Erzeugniss beider Büschel wird somit zerfallen, und zwar in den Strahl $\overline{ss'}$ und eine allgemeine Curve dritter Ordnung C_3. Hieraus folgt die nachstehende Erzeugungsweise einer allgemeinen Curve dritter Ordnung.

„Hat man zwei feste Kegelschnitte $C_2\,D^2$ und schneidet eine bewegliche Tangente T von D^2 den Kegelschnitt C_2 in xy, und sind ferner ss' die Schnitte von C_2 mit einer festen Tangente A von D^2, so ist der Ort der Schnittpunkte $p=(sx,\ s'y)$, $p'=(sy,\ s'x)$ eine Curve C_3 dritter Ordnung, welche durch s, s' hindurchgeht.“

Die Tangente von C_3 in s z. B. findet man nach früherem einfach als Verbindungslinie von s mit dem Punkte von C_2, in welchem dieser Kegelschnitt von der zweiten durch s' gehenden

Tangente des Kegelschnittes D^2 geschnitten wird; ganz ebenso erhält man die Tangente von C_3 in s'.

Die Gerade P, welche die beiden der Tangente T entsprechenden Punkte pp' von C_3 verbindet, geht, wie schon gesagt worden ist, durch einen festen Punkt p'', nämlich durch den Pol von $\overline{ss'}$ bezüglich C_2, d. h. durch den Schnittpunkt der Tangenten von C_2 in s und s'. Wenn die Tangente T unendlich nahe zur festen Tangente A rückt, so werden s und x und ebenso s' und y zwei unendlich nahe Punkte von C_2; die Geraden sx, $s'y$ werden also Tangenten von C_2 in ss' und der Punkt p geht demnach in p'' über; p'' ist also auch ein Punkt von C_3, nämlich der (feste) dritte Schnittpunkt aller Geraden $P=pp'$. Um nun auch den zweiten Punkt von C_3 zu finden, welcher dieser speciellen Lage der beweglichen Tangente T entspricht, bedenke man, dass er als Schnittpunkt der unendlich nahen Geraden sy, $s'x$ harmonisch zugeordnet sein muss dem Schnitte von ss', xx' in Bezug auf das Punktepaar ss'; der Schnitt von ss', xx' als Schnittpunkt zweier unendlich naher Tangenten von D^2 ist jedoch der Berührungspunkt (s) von A mit D^2. Man hat also nur den bezüglich ss' zu (s) conjugirt harmonischen Punkt s'' zu bestimmen. Die Punkte $p''s''$ sind also jene Punkte von C_3, welche der Tangente A von D^2 entsprechen. Wenn die Gerade P in die Lage $p''s''$ übergeht, so fällt von den drei Schnittpunkten $p''p'p$ einer der beiden letzteren mit p'' zusammen, während der letzte mit s'' zusammenfällt; die Gerade $p''s''$ ist also Tangente von C_3 in p'', d. h. s'' ist der Tangentialpunkt von p''.

Geht die bewegliche Tangente T in eine, beiden Kegelschnitten C_2D^2 gemeinsame Tangente über, so fallen xy in dem Berührungspunkte d_1 von C_2 mit dieser Tangente zusammen, welcher Berührungspunkt offenbar einer der vier Doppelpunkte erster Art für das symmetrische Punktsystem auf C_2 ist. Die beiden Punkte pp', deren Verbindungslinie durch p'' gehen muss, fallen ebenfalls in d_1 zusammen, woraus folgt, dass $\overline{p''d_1}$ die Curve C_3 in d_1 berühre.

Wenn also $d_1d_2d_3d_4$ die Punkte sind, in denen C_2 von den vier, beiden Kegelschnitten C_2 D^2 gemeinschaftlichen Tangenten berührt wird, so sind $p''d_1$, $p''d_2$, $p''d_3$, $p''d_4$ die durch p'' gehenden Tangenten von C_3 und $d_1d_2d_3d_4$ sind ihre Berührungspunkte.

Es bilden somit $d_1 d_2 d_3 d_4$ ein Punktquadrupel. (Siehe die Abhandlung: „Zur Erzeugung der Curven dritter Ordnung.“ Sitzb. d. k. Akad. 8. Oct. 1868.) Es sei nun v_1 einer der vier Schnittpunkte von C_2 mit D^2, d. h. einer der vier Verzweigungspunkte des symmetrischen Punktsystemes auf C_2. Dem Punkte v_1 entsprechen zwei zusammenfallende Punkte δ_1 (Doppelpunkt der zweiten Art), welche durch den zweiten Schnittpunkt von C_2 mit der in v_1 zu D^2 construirten Tangente dargestellt werden. Dem Strahle sv_1 entsprechen also zwei in $s'\delta_1$ zusammenfallende Strahlen, d. h. $\overline{sv_1}$ ist eine durch s gehende Tangente von C_3, welche ihren Berührungspunkt auf $\overline{s'\delta_1}$ hat; ebenso ist $s'v_1$ eine durch s' gehende, auf $s\delta_1$ ihren Berührungspunkt habende Tangente von C_3.

„Die Strahlen, welche die Punkte ss' mit den vier Schnittpunkten $v_1 v_2 v_3 v_4$ von C_2 und D^2 verbinden, sind die durch ss' gehenden Tangentenquadrupel von C_3; ihre Berührungspunkte befinden sich auf den resp. durch $s's$ gehenden Strahlen, welche die vier Schnittpunkte von C_2 mit den in $v_1 v_2 v_3 v_4$ zu D^2 construirten Tangenten enthalten.“

4. Dass man jede Curve dritter Ordnung C_3 auf die soeben näher erklärte Art und Weise mittelst zweier festen Kegelschnitte erzeugen könne, hiervon überzeugt man sich folgendermassen. Man nehme auf C_3 einen Punkt d_1 ganz beliebig an, bestimme seinen Tangentialpunkt p'' und zu diesem neuerdings den Tangentialpunkt s''; lege nun durch s'' eine beliebige Gerade A, welche C_3 in dem reellen Punktpaare ss' schneiden möge; (s) sei der zu s'' bezüglich ss' harmonisch conjugirte Punkt. Nun zeichne man den Kegelschnitt C_2, welcher durch s, s', d_1 geht und in $s_1 s'$ die Geraden $p''s$, $p''s'$ berührt. Es seien nun pp_1 zwei weitere ganz beliebige Punkte von C_3, xx_1 ihre aus s, und yy_1 ihre aus s' auf C_2 bewerkstelligten Projectionen; endlich sei D^2 ein Kegelschnitt, welcher A in (s), welcher die in d_1 zu C_2 construirte Tangente und welcher die beiden Geraden xy, $x_1 y_1$ berührt. Betrachtet man jetzt D^2 als Directionscurve eines auf C_2 befindlichen symmetrischen Punktsystemes zweiten Grades, welches aus ss' projicirt wird, so erhalten wir eine Curve dritter Ordnung, welche mit C_3 identisch sein muss, da sie mit ihr neun Punkte gemeinschaftlich hat, von denen die zwei letzten, nämlich

pp_1, ganz beliebig gewählt wurden, welche Punkte also kein System von Durchschnittspunkten zweier Curven dritter Ordnung darstellen können. Diese neun Punkte sind: *a)* d_1 gilt für zwei, da $\overline{d_1 p''}$ gemeinschaftliche Tangente in d_1 ist; *b)* ebenso gilt p'' für zwei Punkte; *c)* die Punkte s, s', s''; *d)* die beiden Punkte pp_1.

Der Kegelschnitt C_2 geht also auch durch die drei übrigen Punkte $d_2 d_3 d_4$ des Quadrupels, welchem d_1 angehört. Denkt man sich A um s'' gedreht, so wird C_2 ein Kegelschnittsbüschel erzeugen und ss' stellen sich als Berührungspunkte der aus p'' zu den Curven dieses Büschels gelegten Tangenten. Hierdurch sind wir aber zu den Betrachtungen gelangt, welche in der bereits citirten Abhandlung: „Zur Erzeugung der Curven dritter Ordnung" durchgeführt worden sind.

Man erkennt hieraus, dass die uns eben beschäftigende Erzeugungsweise der Curven dritter Ordnung durch symmetrische Elementensysteme sehr wohl zur Grundlage der gesammten Theorie dieser Curven dienen könnte. Um nur auf einen wichtigen Satz hinzuweisen, welcher sozusagen von selbst aus dem Vorigen folgt, bemerke man, dass die beiden Büschel $s(v_1 v_2 v_3 v_4)$, $s'(v_1 v_2 v_3 v_4)$ gleiches Doppelverhältniss haben, und da s, s' zwei ganz beliebige Punkte von C_3 sein können, so ist hiedurch bewiesen: „dass das Doppelverhältniss der vier durch einen Punkt von C_3 gehenden Tangenten constant ist".

5. Durch die vorstehenden Untersuchungen ist die Construction einer durch neun Punkte bestimmten Curve dritter Ordnung darauf zurückgeführt, durch zwei von den neun Punkten einen Kegelschnitt C_2 so zu legen, dass sich die übrigen sieben Punkte aus den beiden ersten auf C_2 in den Endpunkten von sieben Sehnen projiciren, welche gleichzeitig mit der Verbindungslinie der beiden ersten Punkte einen und denselben Kegelschnitt D^2 berühren. Die Construction der beiden Kegelschnitte C_2, D^2 kann man nach Artikel 4 durchführen, indem man einen von den sieben Punkten als d_1 und einen der beiden ersten Punkte als s oder s' annimmt; hiedurch wäre die ganze Lösung auf eine zweimalige Construction von Tangentialpunkten (p'' und s'') und auf die Bestimmung des dritten Schnittpunktes von C_3 mit einer Geraden ($s's$ oder $s''s'$) zurückgeführt. Diese Grund-

constructionen können dann mittelst der bekannten Sätze von Chasles durchgeführt werden.

6. Das Zurückführen der Construction einer C_3 auf das symmetrische Punktsystem auf C_2, scheint mir deshalb von einigem Interesse, als hiedurch manche, die Curven C_3 betreffenden Aufgaben und deren Lösungen in neuem vortheilhaften Lichte erscheinen. Fragen wir zunächst nach den Durchschnittspunkten der C_3 mit irgend einer Geraden G.

Wenn sich ein Punkt π auf G bewegt, so beschreiben die Strahlen $s\pi$, $s'\pi$ zwei perspectivische Strahlenbüschel und ihre Schnitte $\xi\eta$ mit C_2 somit zwei projectivische Punktsysteme auf C_2, deren Doppelpunkte die Schnittpunkte e, f von C_2 mit G sind. Die Gerade $\xi\bar{\eta}$ wird daher einen Kegelschnitt K umhüllen, welcher auch $\bar{s}\bar{s}'$ oder A zur Tangente hat und welcher in e, f den Kegelschnitt C_2 berührt. Der Schnittpunkt π_1 von $\bar{s}\eta$, $s'\xi$ beschreibt hiebei überdies einen Kegelschnitt (K), welcher durch e, f, ss' p'' hindurchgeht. Jeder Geraden G entspricht also ein Kegelschnitt K und umgekehrt jedem Kegelschnitte K, welcher A zur Tangente hat und C_2 doppelt (in e, f) berührt, entspricht eine Gerade G $(=e, f)$ und überdies ein Kegelschnitt (K). Der Punkt π wird dann ein Punkt von C_3, wenn $\bar{\xi}\bar{\eta}$ eine Tangente von D^2 wird; nun haben D^2 und K ausser A noch drei weitere gemeinschaftliche Tangenten, welche die gesuchten drei Schnittpunkte p, p_1, p_2 von G mit C_3 liefern. Wenn zwei von den drei gemeinschaftlichen Tangenten von K und D^2 zusammenfallen, d. h. wenn sich K und D^2 berühren, so wird G zur Tangente von C_3; wenn K und D^2 sich osculiren, so wird G mit C_3 drei zusammenfallende Schnittpunkte haben, d. h. G wird eine Inflexionstangente von C_3 sein. Wir haben also das folgende bemerkenswerthe Resultat:

„Die Tangenten von C_3 sind die Berührungssehnen von C_2 mit jenen doppelt berührenden Kegelschnitten K, welche die Gerade ss' und den Kegelschnitt D^2 berühren."

„Die Inflexionstangenten von C_3 sind die Berührungssehnen von C_2 mit jenen doppelt berührenden Kegelschnitten K, welche die Gerade ss' berühren und den Kegelschnitt D^2 osculiren."

Das Studium der gegenseitigen Lage der Inflexionspunkte ist somit auf das Studium der im letzten Satze erwähnten oscu-

lirenden Kegelschnitte (deren es neun geben muss) zurückgeführt.

7. Wenn sich die Gerade G um einen Punkt π herumdreht, so werden die Punkte e, f eine Punktinvolution auf C_2 beschreiben, deren Doppelpunkte die Berührungspunkte der beiden von π an C_2 gelegten Tangenten sind. Die Bestimmung der durch einen beliebigen Punkt π gehenden Tangenten von C_3 (deren es sechs gibt) kommt somit darauf hinaus, jene Kegelschnitte zu finden, welche $s\bar{s}'$ und D^2 und C_2 in zwei solchen Punkten berühren, welche von den Berührungspunkten der aus π an C_2 gelegten Tangenten harmonisch getrennt werden.

Um die Tangente von C_3 in irgend einem Punkte p der Curve, welcher aus der Tangente T von D^2 abgeleitet wurde, zu erhalten, denke man sich T um deren Berührungspunkt t mit D_2 unendlich wenig gedreht; hiedurch werden x, y zu den unendlich nahen Punkten x_1 y_1 auf C_2 weiterrücken und der Schnittpunkt p_1 von sx_1 $s'y_1$ wird der, dem Punkte p unendlich nahe Punkt von C_3, also pp_1 die Tangente von C_3 in p sei. Offenbar ist aber $\bar{p}\bar{p}_1$ zugleich die Tangente von p für jenen Kegelschnitt, den man erhält, wenn man die durch das Büschel t auf den Tangenten von C_2 in x und y bestimmten perspectivischen Punktreihen, respective aus s und s' projicirt und einander entsprechende Strahlen zum Schnitte bringt; hieraus folgt nach bekannten Lehrsätzen über Kegelschnitterzeugung, dass der Schnittpunkt t' von $\bar{p}\bar{p}_1$ mit T zum Punkte t harmonisch conjugirt ist, bezüglich x, y.

Man hat also nur den zu t bezüglich x, y harmonischen Punkt t' mit p zu verbinden, um die Tangente von C_3 in p zu erhalten. Es ist klar, dass aus demselben Grunde $t'p'$ die Tangente von C_3 in dem zweiten, der Tangente T von D^2 entsprechenden Punkte p' sein wird.

Die beiden Kegelschnitte C_2, D^2 schneiden sich in den vier Punkten v_1, v_2, v_3, v_4, und da t der Berührungspunkt von T mit D^2 und $(xytt')=-1$ ist, so wird t' der Berührungspunkt des zweiten durch v_1, v_2, v_3, v_4 gehenden Kegelschnittes mit T sein. Hieraus folgt aber, dass tt' zwei einander nach den Principien der quadratischen Verwandtschaft entsprechende Punkte sind, wobei v_1, v_2, v_3, v_4 das Fundamentalviereck und somit das

Diagonaldreieck o_1, o_2, o_3 dieses Viereckes das Fundamentaldreieck ist. Jeder von zwei entsprechenden Punkten ist der Schnittpunkt sämmtlicher Polaren des zweiten Punktes bezüglich sämmtlicher dem Fundamentalviereck umschriebener Kegelschnitte. Der Ort des Punktes t' wird also jene Curve sein, welche dem Kegelschnitte D^2 in der quadratischen Verwandtschaft entspricht, für welche das den beiden Kegelschnitten C_2, D_2 gleichzeitig eingeschriebene Viereck v_1, v_2, v_3, v_4 das Fundamentalvierek ist. Diese Curve ist bekanntlich von der vierten Ordnung und hat o_1, o_2, o_3 zu Doppelpunkten; die Tangenten dieser Doppelpunkte sind die durch sie gehenden Tangenten von D_2; überdies sind diese Doppelpunktstangenten zugleich Inflexionstangenten, weil o_1, o_2, o_3 das Diagonaldreieck von v_1, v_2, v_3, v_4 ist. Da uns der Punkt t' als der Schnittpunkt der in pp' zu C_3 construirten Tengenten erscheint und da $\bar{p}\bar{p}'$ oder $\bar{P}$ durch den festen Punkt p'' hindurchgeht, so haben wir den Satz:

„Legt man durch einen beliebigen Punkt p'' einer Curve dritter Ordnung Strahlen P, welche die Curve in weiteren Punktpaaren pp' schneiden, so ist der Ort des Schnittpunktes der Tangenten von p, p' eine Curve vierter Ordnung mit drei Doppelpunkten o_1, o_2, o_3, welche zugleich doppelte Inflectionspunkte sind. (Vergleiche: „Über rationale ebene Curven vierter Ordnung, deren Doppelpunktstangenten Inflectionstangenten sind.“ Sitzb. d. k. Akad. d. W. vom 6. März 1873.)

Hieraus geht aber unmittelbar hervor, dass diese Curve vierter Ordnung durch die Berührungspunkte d_1, d_2, d_3, d_4 der durch p'' an C_3 gelegten Tangnnten, und durch den Tangentialpunkt s'' von p'' hindurchgeht. Das Diagonaldreieck o_1, o_2, o_3, dessen Scheitel die Doppelpunkte der Curve vierter Ordnung sind, gehört nach bekannten Sätzen über Kegelschnitte auch dem Vierecke d_1, d_2, d_3, d_4 als Diagonaldreieck an. (Denn die Punkte d sind die Berührungspunkte der, den Kegelschnitten $C_2 D^2$ gemeinsamen Tangenten und das Viereck (d) hat also mit dem Tangentenvierseit dasselbe Diagonaldreieck; das Vierseit hat jedoch wieder mit dem Schnittpunktviereck (r) dasselbe gemeinschaftliche Diagonaldreieck, daher u. s. w.) Hieraus folgt aber, dass die Doppelpunkte o_1, o_2, o_3 Punkte der Curve C_3

sind, da sie die Ecken des Diagonaldreieckes sind, welches dem Punktquadrupel d_1, d_2, d_3, d_4 angehört; dieses Quadrupel hat jedoch p'' zum gemeinschaftlichen Tangentialpunkt und somit bilden auch p'', o_1, o_2, o_3 ein Quadrupel, welches dann offenbar s'' zum gemeinschaftlichen Tangentialpunkt besitzt. (Vergleiche die erwähnte Abhandlung: „Zur Erzeugung der Curven dritter Ordnung“.)

Eine einfache Grenzbetrachtung zeigt, dass die Tangente der Curve vierter Ordnung in dem beliebigen Punkte t' jene Gerade ist, welche t' mit dem Pole von x y bezüglich C_2 verbindet.

8. Wenn der Kegelschnitt D^2 den Träger C_2 in einem Punkte d berühren würde, so möchte sowohl sd, als auch $s'd$ zwei zusammenfallende Tangenten des Erzeugnisses der beiden Büschel ss' vorstellen, woraus hervorgeht, dass in diesem Falle d ein Doppelpunkt der, durch die beiden Büschel s, s' erzeugten Curve wäre.

Wenn in d die Kegelschnitte C_2, D^2 drei unendlich nahe Punkte gemein hätten, so wäre d aus ähnlichen Gründen ein Rückkehrpunkt des Erzeugnisses.

Experimentelle Bestimmung der Dielektricitätsconstante einiger Gase.

(Mit 1 Tafel.)

Von **Ludwig Boltzmann.**

(Ausgeführt im k. k. physikalischen Institute zu Wien.)

(Vorläufige Mittheilung.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 23. April 1874.)

Als meine Bestimmungen der Dielektricitätsconstante fester Isolatoren im Allgemeinen die von Maxwell aus seiner Theorie gefolgerte Relation zwischen der Dielektricitätsconstante und dem Brechungsquotienten bestätigten, ohne dass ich jedoch im Stande gewesen wäre, eine so grosse Genauigkeit zu erzielen, dass die Richtigkeit jener Relation für eine grössere Zahl von Substanzen ausser Zweifel gestellt worden wäre, verfiel ich sogleich auf den Gedanken, dass dies vielleicht bei Gasen gelingen werde. Diese Erwartung hat mich nicht getäuscht. In der That zeigten die Wurzeln der Dielektricitätsconstanten der Gase eine sehr vollständige Übereinstimmung mit den Lichtbrechungsquotienten. Gase haben nämlich zahlreiche günstige Eigenschaften, die festen Körpern fehlen. Erstens isoliren sie ausgezeichnet und scheinen von der dielektrischen Nachwirkung völlig frei zu sein. Zweitens fällt bei ihnen die Schwierigkeit, den Raum zwischen den Condensatorplatten continuirlich auszufüllen, Löcher im Inneren des Dielektricums hintanzuhalten etc, hinweg und ist auch ihre chemisch reine Darstellung eine leichtere. Drittens gibt es zahlreiche chemisch vollkommen definirte Gase, welche sich zur Untersuchung eignen, wogegen ich bisher nur einen hiezu geeigneten festen Körper (den Schwefel) finden konnte, der nicht, wie Paraffin, Harz, Hartgummi, ein schwer zu definirendes Gemenge wäre, und selbst beim Schwefel sind die

zahlreichen allotropen Modificationen sehr störend. Erschwert wird dagegen die Untersuchung der Gase dadurch, dass die Dielektricitätsconstante aller Gase und unter allen Drücken nahe gleich (also wenn man die der Luft gleich eins setzt, nahe gleich eins) ist, wie schon Faraday nachwies (Exp. res. 11. ser. Pogg. Ann. Bd. 47). Mit achtzehn Daniell'schen Elementen ist da durchaus nichts zu machen. Ich verschaffte mir daher eine Batterie von 300 Daniell'schen Elementen; erst mit dieser konnte ich hoffen, wahrnehmbare Ausschläge zu erhalten.

1. Grundidee. Der Methode, welche ich zur Bestimmung der Dielektricitätsconstante von Gasen einschlug, liegt folgende Idee zu Grunde. Ich verschaffte mir zwei wohlisolirte Condensatorplatten *d* und *e*, die sich unter einem Recipienten befanden (durch den natürlich die Zuleitungsdrähte isolirt hindurchgingen). Ich verband die Platte *e* mit der Erde, die Platte *d* mit dem Elektrometer. Pumpte ich nun rasch das Gas unter dem Recipienten, also auch zwischen den Condensatorplatten (bis auf einige Centimeter Quecksilberdruck) aus, so zeigte das Elektrometer nicht den mindesten Ausschlag, ebenso wenig, wenn das Gas wieder einströmte; die durch die Gasbewegung erzeugte Reibung veranlasste also keine Elektricitätsentwicklung. Nun lud ich die Platte *e* mit etwa 300 Daniell'schen Elementen, z. B. positiv. Dabei lag (was bei dem früher beschriebenen Processe natürlich nicht der Fall war) auf dem von der Platte *d* zum Elektrometer führenden Drahte *l* ein anderer mit der Erde verbundener Draht *m*, so dass also die positive Elektricität der Platte *d*, weil sie von der positiven der Platte *e* abgestossen wurde, zur Erde abfloss; dagegen wurde negative auf der Platte *d* gebunden. Jetzt erst wurde der Draht *m* gehoben, also das Elektrometer, welches mit der Platte *d* leitend verbunden blieb, isolirt; da beide Condensatorplatten sehr gut isolirt waren, so erfolgte kein Ausschlag (dies war der Prüfstein der guten Isolation). Fügte man dagegen jetzt zu den 300 ladenden Daniell'schen Elementen noch eins hinzu, so wurde die Platte *e* noch ein wenig stärker positiv geladen, daher noch etwas mehr positive Elektricität der Platte *d* abgestossen; dieser Überschuss konnte jetzt nicht mehr zur Erde abfliessen, sondern bewirkte einen positiven Ausschlag β des Elektrometers (etwa 60 Skalentheile). Wurde

jenes Element wieder weggenommen, so dass die Platte *e* wieder wie zu Anfang mit 300 Daniell'schen Elementen geladen war, so kehrte das Elektrometer wieder in seine Ruhelage zurück. Wurde nun rasch das Gas zwischen den Condensatorplatten verdünnt, so zeigte das Elektrometer wieder einen Ausschlag und zwar einen negativen $-\alpha$ (α sei sein Absolutwerth, etwa acht Skalentheile). Das Gas erzeugt durch Reibung an den Platten, wenn diese vorher unelektrisch waren, keine Elektricität; schliesst man den sehr unwahrscheinlichen Fall aus, dass die Reibung bedeutend mehr Elektricität entwickle, wenn die Platten schon vorher elektrisch waren, so kann der Ausschlag $-\alpha$ nur daher rühren, dass Gas von normaler Dichte stärker dielektrisch polarisirt ist als verdünntes. Durch ein Abreissen elektrischer Gastheilchen von den Platten kann derselbe nicht erklärt werden; denn während die positive Elektricität, die etwa von der Platte *e* durch abgerissene Gastheilchen entfernt worden wäre, durch die Batterie sogleich wieder ersetzt würde, so müsste die negative von der Platte *d* abgerissene durch die im Elektrometer vorräthige Elektricität ersetzt werden; es müsste also negative vom Elektrometer zur Platte *d*, also umgekehrt positive von der Platte *d* zum Elektrometer strömen, was im Elektrometer einen positiven Ausschlag erzeugen würde. Zudem kehrte, wenn man wieder Luft unter den Recipienten einströmen liess, das Elektrometer augenblicklich wieder in seine Ruhelage zurück, während es bei der schlechten Leitungsfähigkeit der Gase lange Zeit gebraucht haben müsste, bis die Elektricität wieder in die Gasschichte eingedrungen wäre. Dass der Ausschlag $-\alpha$ auch nicht dadurch bewirkt wurde, dass sich der ganze Condensator durch die Druckverminderung etwas deformirte und in Folge dessen die Distanz der Platten etwas verändert wurde, geht schon aus der grossen Verschiedenheit des Ausschlages $-\alpha$ für verschiedene Gase hervor (für Äthylen ist er 5mal so gross als für Wasserstoff). Zudem wurde es noch durch einen später zu beschreibenden Versuch constatirt. — Es wird also der Ausschlag $-\alpha$ in der That höchst wahrscheinlich dadurch veranlasst, dass Gas von normaler Dichte eine grössere Dielektricitätsconstante als verdünntes hat. — Das verdichtete Gas ist also stärker

dielektrisirt und in Folge dessen bindet die positive Elektricität der Platte e mehr negative auf der Platte d, so lange verdichtetes Gas dazwischen ist. Wird dagegen das Gas verdünnt, so wird negative auf die Platte d frei, welche zum Theil ins Elektrometer abfliesst und daselbst den negativen Ausschlag α erzeugt. Aus der Grösse der Ausschläge α und β kann die Grösse der Veränderung der Dielektricitätsconstante des Gases beim Auspumpen berechnet werden und zwar in folgender Weise:

2. Theorie der Berechnungsweise meiner Versuche. Sei das Potentiale an dem Pole eines Daniell'schen Elementes p, während der andere zur Erde abgeleitet ist. Dann wird in der Platte e, wenn dieselbe durch n Daniell'sche Elemente geladen wird, das Potentiale np erzeugt. Durch Hinzufügen von noch einem Daniell wächst das Potentiale noch um p und wird der Ausschlag β erzeugt, welcher offenbar dem Potentialzuwachse proportional ist. (Davon, dass die Ausschläge wirklich mit genügender Genauigkeit den Potentialen proportional waren, mit denen man das Elektrometer lud, hatte ich mich vorher überzeugt, was ich „das Calibriren des Elektrometers“ nenne.) Um nun den mathematischen Ausdruck für den Ausschlag zu erhalten, den ich als Ausschlag $-\alpha$ bezeichnet habe, verfährt man am kürzesten so. Wir denken uns die Platte e mit n Daniell'schen Elementen geladen, so dass in ihr das Potential np herrscht, die Platte d aber mit der Erde verbunden, so dass in ihr das Potential Null herrscht; nun werde die Verbindung der Platte e mit der Batterie und die der Platte d mit der Erde aufgehoben, ohne dass die auf diesen Platten aufgehäuften Elektricitätsmengen verändert werden. In diesem Zustande werde jetzt die Natur des Mediums, in dem sich die Platten befinden, verändert (z. B. das Gas, in dem sie sich befinden, ausgepumpt), so dass die Dielektricitätsconstante dieses Mediums von D_1 in D_2 übergeht. In der Theorie der Dielektricität wird folgender Satz bewiesen (vergl. Helmholtz, Borch. Journ. Bd. 72, S. 116). Sei ein Raum rings von einer leitenden Hülle umgeben; in demselben befinden sich irgendwelche geladene Leiter, während er sonst von einem dielektrischen Medium mit der Dielektricitätsconstante D_1 erfüllt

ist. Wenn nun die Elektricitätsmengen, die sich auf den Leitern und der Hülle befinden, keine Veränderung erfahren, und nur das Medium seine Dielektricitätsconstante ändert (deren neuer Werth D_2 heisse), so ist das Potentiale an jedem Punkte des Raumes gleich dem mit $\frac{D_1}{D_2}$ multiplicirten Potentiale, welches früher daselbst herrschte. Wo also früher das Potentiale Null war, dort ist es noch immer. War z. B. die Hülle früher mit der Erde verbunden, so ist der Zustand des Systems noch immer so, dass die Hülle ohne Elektricitätsverlust mit der Erde verbunden werden kann. Es ändert also in diesem Falle an der Sache gar nichts, wenn die Hülle während des ganzen Processes mit der Erde verbunden war. Mein Condensator war in der That rings von einer leitenden Hülle umgeben. Auf ihn ist also das citirte Theorem anwendbar, wenn der Versuch so angestellt wird, dass während des Auspumpens beide Platten isolirt sind. Beim Auspumpen wird also in diesem Falle einfach an jeder Stelle das Potential $\frac{D_1}{D_2}$mal so gross. Auf der Platte d bleibt es daher Null. Verbindet man also diese Platte jetzt wieder mit dem Elektrometer, so erhält man keinen Ausschlag, was der Versuch vollkommen bestätigte. Auf der Platte e dagegen verwandelt sich das Potential in $\frac{D_1}{D_2}\,np$. Lässt man nun, nachdem der Condensator in diesen Zustand gebracht worden ist, die Platte d mit dem Elektrometer verbunden und verbindet die Platte e wieder mit der Batterie, so steigt das Potentiale der letzteren wieder auf np, es wächst also um $np\left(1 - \frac{D_1}{D_2}\right)$. Den Ausschlag, den dadurch das Elektrometer erfährt, nennen wir α'. Wir sahen früher, dass der Potentialzuwachs p den Ausschlag β hervorruft und dass die Ausschläge den Potentialzuwächsen proportional sind; man hat also die Proportion:

$$\alpha' : \beta = np\left(1 - \frac{D_1}{D_2}\right) : p. \qquad 1)$$

Die Richtigkeit dieser Proportion setzt voraus, dass sich die Verhältnisse, unter denen sich der Condensator befindet, nur

sehr wenig verändert haben, dass sich also namentlich die Dielektricitätsconstante D_1 nur wenig verändert hat, was bei mir immer der Fall war. Es ist klar, dass man ganz denselben Ausschlag α' erhalten hätte, wenn auch während des Auspumpens die Platte e mit der Batterie, die Platte d mit dem Elektrometer verbunden gewesen wäre; α' ist also identisch mit dem früher mit $-\alpha$ bezeichneten Ausschlage. Sein negatives Zeichen rührt daher, dass die Verdünnung die Dielektricitätsconstante des Gases vermindert, dass also $D_2 < D_1$ und $1 - \frac{D_1}{D_2}$ negativ ist. In der Proportion 1) kann also $\alpha' = -\alpha$ gesetzt werden und dann folgt aus derselben

$$\frac{D_1}{D_2} = 1 + \frac{\alpha}{\beta n}. \qquad 2)$$

Wir werden später sehen, dass der Zuwachs der Dielektricitätsconstante innerhalb der Grenzen der Beobachtungsfehler dem Zuwachse des Druckes des Gases proportional ist. Nehmen wir also an, wenn der Gasdruck um 760 Mm. Quecksilber steigt, so wachse die Dielektricitätsconstante um das λfache ihres ursprünglichen Betrages. Wir müssen dann setzen:

$$D_1 = C\left(1 + \frac{\lambda b_1}{760}\right), \quad D_2 = C\left(1 + \frac{\lambda b_2}{760}\right),$$

wo b_1 und b_2 die in Millimeter Quecksilber gemessenen Gasdrucke vor und nach dem Auspumpen sind. Da λ sehr klein ist, so können wir setzen

$$\frac{D_1}{D_2} = 1 + \frac{\lambda(b_1 - b_2)}{760}.$$

Die Formel 2) verwandelt sich also in

$$\lambda = \frac{\alpha . 760}{\beta n (b_1 - b_2)}. \qquad 3)$$

Dabei ist λ der Quotient der ursprünglichen Dielektricitätsconstante des Gases in den Zuwachs, welchen dieselbe erfährt, wenn der Druck des Gases bei unveränderter Temperatur um 760 Mm. Quecksilber wächst. Wenn angenommen wird, dass

die Proportionalität des Zuwachses der Dielektricitätsconstante mit dem Druckzuwachse bis zur absoluten Evacuirung giltig sei, so hat die Grösse λ eine noch einfachere Bedeutung. Dann ist nämlich

$$1+\lambda = D_{760} \qquad 4)$$

wobei D_{760} die Dielektricitätsconstante des Gases beim Drucke 760 Mm. ist, wenn die des absoluten Vacuums gleich eins gesetzt wird.

Wenn die Magnetisirungsconstanten mit hinlänglicher Genauigkeit gleich sind, was, wie sich leicht zeigen lässt, bei Gasen in der That der Fall ist, so ist nach Maxwell's Theorie das Verhältniss der Lichtbrechungsquotienten zweier Substanzen die Quadratwurzel aus dem Verhältnisse ihrer Dielektricitätsconstante; da für Gase diese Verhältnisse sehr nahe gleich eins sind, so ist der Zuwachs der Lichtbrechungsquotienten halb so gross als der der Dielektricitätsconstanten unter denselben Verhältnissen; eine Relation, welche meine Versuche bestätigen.

Wiewohl die Schlüsse, durch welche wir fanden, dass die von mir gefundene Grösse in der That die Dielektricitätsconstante ist, ziemlich einwurfsfrei sein dürften, so wäre es doch wünschenswerth, Versuche zu machen, bei denen das Gas nicht während des Versuches ausgepumpt wird, sondern einmal die Capacität des leeren, dann die des gaserfüllten Condensators mit der eines Aichcondensators nach meiner ältern Methode verglichen wird. Derartige Versuche, bei denen immer die durch das Laden der einen Platten auf den anderen frei werdenden Elektricitätsmengen in beiden Condensatoren zu vergleichen wären und beide Condensatoren fast genau dieselbe Capacität haben müssten, scheinen mir durchaus nicht unausführbar und ich werde sie, sobald es meine Musse erlaubt, in Angriff nehmen.

Ich gehe nun zu einer kurzen Beschreibung der wesentlichsten Apparate über, die mir bei meiner Untersuchung dienten. Ich bemerke, dass die Figuren, welche ich hier von den Apparaten geben werde, nur als schematische aufzufassen sind, wobei minder wesentliches, um allzugrosse Complication derselben zu vermeiden, weggelassen wurde. Die Beschreibung mit Angabe aller Details werde ich baldmöglichst in der ausführlichen Abhandlung folgen lassen.

3. Das Elektrometer. Da ich leider kein Thomson'sches Quadrantelektrometer zur Verfügung hatte, so suchte ich ein Kirchhoff'sches Vorlesungselektrometer, so gut es anging, in ein Präcisionsinstrument umzuwandeln. Ich verklebte zu diesem Zwecke die zahlreichen Löcher dieses Instrumentes und umgab es mit einem (mit einem Fenster versehenen) Pappkasten. Dadurch wurden Luftströmungen im Innern so sehr vermieden, dass bei einigermassen solider Aufstellung selbst die kleinen Ausschläge, die ich zu beobachten hatte, mit ziemlicher Sicherheit abgelesen werden konnten. Die Quadranten schraubte ich auf einen Hartgummiring fest und liess dann alle vier gleichzeitig eben abschleifen. Ferner legte ich auf zwei Quadranten ganz nahe zum Schlitze, welcher sie trennte, zwei Kupferdrähte. Die Elektricität, welche durch den elektrisirten Aluminiumdraht in diesen Kupferdrähten influencirt wurde, lieferte die Kraft, die den Aluminiumdraht in einer bestimmten Ruhelage festhielt. Den Aluminiumdraht selbst hing ich an einem einzigen sehr feinen Coconfaden auf und verband ihn durch einen haarfeinen Platindraht, der durch eine kleine zugeschmolzene, mit Quecksilber gefüllte Glaskugel beschwert war, mit der geladenen Schwefelsäure. Um diesem feinen Platindrahte mehr Halt zu verleihen, steckte er grösstentheils in einem feinen Glasfaden. Die Kirchhoff'sche, zur Projection bestimmte Ablesevorrichtung vertauschte ich mit der gewöhnlichen Spiegelablesung mit Fernrohr. Der Spiegel aus dünnem Spiegelglase ziemlich klein, namentlich sehr schmal, vergrösserte das Trägheitsmoment nicht merklich und lieferte bei guter Beleuchtung doch vortreffliche Bilder. Das Fernrohr hatte die Distanz 1880 Mm. vom Spiegel, die Skala war in Millimeter getheilt. Der ganze bewegliche Theil (Wagebalken) des Elektrometers ist in Fig. 1 dargestellt. Die Dämpfung war nicht sehr gross und ich wartete mit der Ablesung niemals, bis der Wagebalken zur Ruhe gelangt war, sondern berechnete die Ablenkung immer aus den drei ersten Umkehrpunkten, ebenso die darauffolgende Ruhelage, was grössere Genauigkeit liefert, als eine zu starke Dämpfung.

4. Die Batterie. Jedes meiner Daniell'schen Elemente bestand aus zwei Probegläschen, in einigen Linien Distanz von einander, deren untere Hälften in Paraffin eingeschmolzen waren.

Das eine war mit Kupfervitriol, das andere mit Zinkvitriol gefüllt. Beide Flüssigkeiten standen durch einen heberförmig gekrümmten feinen Glasfaden in Verbindung, der ebenfalls mit Zinkvitriol gefüllt war. In den Kupfervitriol tauchte ein Kupferdraht, in den Zinkvitriol ein Zinkdraht; der Kupferdraht war mit dem Zinkdrahte des vorhergehenden, der Zinkdraht mit dem Kupferdrahte des nachfolgenden Elementes zusammengelöthet. Zwei Elemente der Batterie sind in Fig. 2 dargestellt.

5. Der Condensator ist in Fig. 3 im Querschnitte gezeichnet. Er bestand aus sechs kreisrunden Messingscheiben *a*, *b*, *d*, *e*, *f*, *g*. Die Platten *d* und *e* waren die eigentlichen Condensatorplatten (identisch mit den schon früher in gleicher Weise bezeichneten). Die Platte *d* konnte durch den Zuleitungsdraht *p*, die Platte *e* durch den Zuleitungsdraht *q* geladen werden. *d* ruhte auf drei kleinen Schellakstücken, die auf kleine Messingwürfel aufgeschmolzen waren. Jene Messingwürfel standen auf der Platte *b*. Die Platte *e* dagegen wurde von oben mittelst dreier kleiner Schellakstücke getragen, die an ihr und der Platte *f* angeschmolzen waren. Distanz der Platte etwa 1 Mm., Dicke 4—5 Mm., Durchmesser 160 Mm.

Die Platte *f* ruhte auf drei verstellbaren Schrauben *i*, welche sich auf die drei Messingansätze *c* der Platte *b* stützten. (In der Fig. 3 sind immer nur zwei Schrauben *i*, zwei Messingansätze *c* etc., und zwar nicht in der richtigen relativen Lage gezeichnet. In Wirklichkeit bildeten die drei Schrauben, wie man leicht begreifen wird, die drei Ecken eines gleichseitigen Dreieckes). Die unterste und oberste Platte *a* und *g* waren durch kleine dazwischengelegte Messingstücke von den folgenden Platten *b* und *f* getrennt und hatten nur den Zweck, die Wärme, die sich bei Verdichtung der Gase entwickelt, abzuleiten, welche sonst möglicherweise die beiden Seiten der Platten *b* und *f* verschieden erwärmt und letztere Platten dadurch etwas deformirt hätte. Um den Condensator vor äusseren elektrischen Einflüssen zu schützen, war er von einem Gehäuse *h* aus dünnem Messingbleche umgeben. Darüber stand erst der Recipient *k*. Die Zuleitungsdrähte *p* und *q* gingen durch Schellakstöpsel; das Gehäuse sowie die Platte *a*, *b*, *f* und *g* waren sorgfältig leitend mit der Erde verbunden.

Bei einer Versuchsreihe legte ich drei kleine Schellakstücke zwischen die Platten *d* und *e* (und zwar so, dass sie sich ganz am Rande der Platten, nicht unter denjenigen befanden, die früher die Platte *e* getragen hatten) und schraubte dann die Schrauben *i* so weit zurück, dass sie die Messingstücke *c* nicht mehr berührten. Jetzt wurde also die Platte *e* nicht mehr getragen, sondern ruhte auf der Platte *d*. Ich erhielt auch bei dieser Versuchsreihe fast denselben Werth von λ aus Formel 3), was beweist, dass die Distanzänderung der Condensatorplatten in Folge der Deformation durch Druckänderung keinen wesentlichen Einfluss auf den Ausschlag $-\alpha$ hat, denn diese Distanzänderung musste jetzt offenbar eine ganz andere sein.

6. Die Zuleitungsdrähte. Mittelst der horizontalen, an passende Kupferdrähte, die sich wie Charniere um andere Drähte schlangen, angelötheten Messingbleche *s* und *r* konnte die Platte *e* mit der Batterie geladen, die Platte *d* aber mit dem Elektrometer verbunden werden. (Die Messingbleche *s* und *r* und was damit zusammenhängt, ist in Fig. 3 ausnahmsweise perspectivisch gezeichnet.) War das Messingblech *r* ganz gehoben, so berührte es einen mit der Erde verbundenen Draht *n*. War das Messingblech *r* gesenkt und wurde der Draht *m* herabgelassen (er berührte dann den Draht *l*), so war die Platte *d* und das Elektrometer zur Erde abgeleitet. Die Hebung und Senkung der Messingbleche *r* und *s*, sowie des beweglichen Drahtes *m* geschah durch lange hölzerne Hebel; die einen Enden dieser Hebel konnten vom Beobachter, während er am Fernrohre sass, gehoben und gesenkt werden. An den andern Enden waren durch Bindfaden Schellakcylinder *t* aufgehängt, die an passenden Orten an die zu bewegenden Drähte aufgeschmolzen waren. Das Messingblech *r*, der damit verlöthete Draht und ein Theil des Drahtes *l* befanden sich ebenfalls (natürlich davon isolirt) in einer mit der Erde leitend verbundenen Metallschachtel *o*.

7. Die Gasleitungen. Die Ableitung des unter dem Recipienten befindlichen Gases geschah durch Öffnen des Geissler'schen Hahnes *u*, der den Recipienten mit einem grossen evacuirten Ballon in Communication setzte, die Zuleitung neuen Gases durch Öffnen des Hahnes *v*, der zum Gasometer führte (dabei war natürlich der Hahn *u* geschlossen). Das Gas durch-

strich, während es vom Gasometer in den Recipienten strömte, ein langes Chlorcalciumrohr und einen dichten Baumwollpfropf. Die Zeit des Ein- und Ausströmens betrug etwa $^1/_2$ Minute. Ein Manometer w zeigte den im Recipienten herrschenden Gasdruck an. Manometer und Hähne lagen ebenfalls im Bereiche des am Fernrohre sitzenden Beobachters.

8. Elektrische Leitungsfähigkeit der Luft. — Vor eine Beobachtung begann, war schon tagelang das Messingblech s gesenkt, die Platte e also mit etwa 300 Daniell'schen Elementen geladen gewesen. Ich prüfte zuerst, ob die beiden Condensatorplatten d und e vollständig von einander isolirt waren, indem ich zuerst das Messingblech r und den Draht m senkte, dann beide hob und nach Verlauf einer gewissen Zeit t das erstere wieder senkte. War $t = 5$ Minuten, also viel länger als eine Beobachtung dauerte, so erfolgte nicht der mindeste Ausschlag, zum Zeichen, dass während dieser 5 Minuten keine Elektricität von der geladenen Platte e auf die Platte d übergegangen war. Ich machte einige Versuche, bei denen $t = 14$ Stunden war; dann zeigte das Elektrometer nach dem Senken des Bleches r einen Ausschlag von beiläufig vierzehn Skalentheilen. Da die Hinzufügung eines Daniell'schen Elementes zur Ladung der Platte e einen Ausschlag von etwa 60 Skalentheilen bewirkte und die Platte e mit 300 Elementen geladen war, so war während 14 Stunden jedenfalls nicht mehr als der 1200. Theil der gesammten Ladung mitgetheilt worden. Ich vermuthe übrigens, dass auch dieser kleine beobachtete Ausschlag des Elektrometers nicht von Elektricitätsleitung durch die Luft, sondern von einer Inconstanz der Batterie herrührte. Aus diesen Daten ergibt sich der elektrische Leitungswiderstand der Luft für so kleine Spannungen jedenfalls grösser als 10^{26}mal so gross als der des Kupfers. Dieser hohe Grad von Isolation konnte nur nach sorgfältiger Entfernung aller im Apparat enthaltener Härchen und Stäubchen erzielt werden, welche sonst von der Elektricität angezogen, beide Platten überbrückten. Die Entfernung aller Stäubchen war unendlich mühsam; am besten gelang sie mir, indem ich alle Bestandtheile des Apparates sehr glänzend poliren liess, wo dann jedes Stäubchen sehr sichtbar ist und dann von jedem Bestandtheile besonders unter einem eigens dazu construirten

Glaskasten, in den ich durch passende Löcher meine nackten Arme steckte, bei heller Beleuchtung jedes einzelne Stäubchen mit dem Finger oder einem Drahte oder einer etwas gefetteten Schweinsborste entfernte. Auch verdünnte Luft und die übrigen Gase schienen eben so gut zu isoliren, doch mangelte es mir an Zeit, dies genauer zu prüfen. Erst wenn der Druck der Luft auf etwa 3‴ Quecksilberdruck sank, hörte plötzlich alle Isolation auf; dann schienen also „Funken" überzuspringen. Wasserstoff dagegen konnte ich bis auf 2‴ Quecksilberdruck verdünnen, ohne dass die Isolation aufhörte, was mich wunderte, da sonst im Wasserstoff die Schlagweite grösser ist. Als die Schellakklötze zwischen den Platten waren, zeigte sich nach 14 Stunden ein Ausschlag von 45 Skalentheilen; also auch reiner Schellak leitet bei so kleiner Oberfläche nicht merklich. Diese grosse, von mir beobachtete Isolationsfähigkeit der Gase scheint zu beweisen, dass der von Coulomb, Riess, Warburg u. a. beobachtete Elektricitätsverlust von Drehwagen nicht den darin befindlichen Gasen zuzuschreiben ist[1]. Ich überzeugte mich ferner, dass die Platten *d* und *e* auch sonst isolirt waren, sowie dass die Zuleitungsdrähte und die Elemente isolirt waren.

9. Manipulation bei Beobachtung der Dielektricitätsconstante der Gase. Um diese Beobachtung auszuführen, waren wieder zuerst die beiden Messingbleche *r* und *s* und der Draht *m* gesenkt. Es wurde zuerst das Messingblech *r* und der Draht *m* gehoben. Dann liess man das Gas ausströmen und senkte, wenn die Ausströmung vollendet war, wieder das Messingblech *r*, nicht aber den Draht *m*. Der Ausschlag, den jetzt das Elektrometer zeigte, ist der Ausschlag $-\alpha$ der Formel 3). Der Theorie nach ist es vollkommen gleichgiltig, ob während des Ausströmens des Gases das Elektrometer schon mit der Platte *d* verbunden (also von der Erde getrennt), oder ob es während des Ausströmens noch mit der Erde verbunden und

[1] Von dem letzteren erhielt ich übrigens, ohne dass er von meinen Versuchen irgend etwas wusste, unlängst einen Brief, worin er mir mittheilte, dass auch er sich überzeugt habe, dass die Gase die Elektricität nicht merklich leiten. Da mir die Methode, die er dabei einschlug, völlig unbekannt ist, so vermag ich natürlich auch nicht zu entscheiden, ob sie eine grössere oder geringere Genauigkeit als die meine bietet.

von der Platte d getrennt ist und erst zum Schlusse damit verbunden wird. Praktisch erschien mir die letztere Methode empfehlenswerther. Nachdem die abgelenkte Lage des Elektrometers aus drei Umkehrpunkten bestimmt war, senkte ich den Draht m und bestimmte die Ruhelage wieder aus drei Umkehrpunkten. Den Inbegriff aller dieser Operationen nenne ich einen Versuch. Nun wurde abermals Blech und Draht m gehoben und ich liess wieder Gas einströmen. Nach Beendigung der Einströmung wurde wieder der Ausschlag α wie früher bestimmt, womit dann der zweite Versuch beendet war u. s. w. Die Formel 3) zeigt zunächst, dass die Quotienten, die man erhält, wenn man α dividirt durch die Druckzunahme oder Abnahme $b_1 - b_2$, die dem Versuche vorherging, constant sein müssen. Denn die Ladung der Leydnerflasche und damit β blieb sehr constant. In der That war $\frac{\alpha}{b_1 - b_2}$ innerhalb der Grenzen der Beobachtungsfehler constant, womit also bewiesen ist, dass der Zuwachs der Dielektricitätsconstante dem des Druckes proportional ist, was übrigens nicht anders zu erwarten war. β wurde anfangs vor und nach jeder Versuchsreihe mehrmals bestimmt; da es sich jedoch als fast ganz constant erwies, wurde es später blos mehr für einige Versuchsreihen gemeinsam bestimmt. In der Formel 3) wurde dann für $\frac{\alpha}{b_1 - b_2}$ der Mittelwerth aller bei den einzelnen Versuchen einer Versuchsreihe gefundenen Werthe dieser Grösse, für β ebenfalls dessen Mittelwerth eingesetzt und daraus λ berechnet. Um einen Begriff zu geben, inwieweit die einzelnen Versuche untereinander übereinstimmten, stelle ich die ausführlichen Daten der definitiven mit Luft angestellten Beobachtungsreihe in der folgenden Tabelle zusammen:

b	4α	R	$\frac{4\alpha}{b_1-b_2}$
675	35·5	303·7	0·0525
20	33·8	304·6	0·0516
660	32·7	305·1	0·0511
12	34·4	305·3	0·0531
647	30·4	305·5	0·0479
17	33·2	306·4	0·0527
635	31·4	302·8	0·0508
10	31·3	303·2	0·0501
622	—	—	—
10	34·5	303·7	0·0564
610	30·4	304·2	0·0507
5	31·3	304·4	0·0517
600	—	—	—
10	30·1	304·9	0·0510
588	—	—	—
10	26·5	305·4	0·0459
575	24·7	305·7	0·0437
27	29·0	305·8	0·0530
565	23·3	305·9	0·0433
		Mittel..	0·05034

Hier ist b der Manometerstand während der Beobachtung von α. Für jedes α ist also unter b_1 der nächstvorhergehende Werth des b, unter b_2 der neben dem betreffenden α stehende zu verstehen; für das erste α ist b_1 gleich Null. Wenn man die α alle mit positiven Zeichen nimmt, sind auch die Differenzen $\pm(b_1-b_2)$ positiv zu nehmen. Es wurde immer der 4fache Werth des α angegeben, weil die Berechnung des 4fachen Werthes aus drei Umkehrpunkten bequemer ist als die des einfachen; die Division durch 4 geschah dadurch, dass ich auch für β dessen 4fachen Werth setzte. R ist die Ruhelage, um welche zum Schlusse jedes Versuches das Elektrometer schwankte. Nach dem sechsten Versuche war das Fernrohr ein wenig verschoben worden. Drei Beobachtungen missglückten, da ich dabei das Messingblech r und den Draht m aus Versehen falsch gestellt hatte. Da der von mir beobachtete Ausschlag so ausserordentlich klein (acht Skalentheile) war, so

war eine grössere Übereinstimmung der Quotienten in der letzten Verticalreihe, die nach der Theorie constant sein sollten, kaum zu erwarten. Ich glaube aber, dass die Nichtübereinstimmung derselben mehr noch von der Inconstanz der Batterie als von Luftströmungen oder anderen Störungen im Elektrometer stammt. Beide Störungsursachen müssen sich übrigens aus dem Mittel sehr vieler Versuche eliminiren. β wurde 4mal bestimmt; es ergab sich 4β gleich 238, 227, 238, 227, Mittel 232·5. Die Anzahl n der ladenden Daniell'schen Elemente war 295. Die Substitution dieser Werthe in die Formel 3) liefert für die Hälfte der Grösse λ (welche ich in der Folge immer anführe, da sie sich am besten mit dem Lichtbrechungsquotienten vergleichen lässt) den Werth 0·000278. Bei der Mehrzahl der übrigen Gase zeigte sich eine erheblich grössere Constanz der Quotienten $\frac{\alpha}{b_1-b_2}$, bei einigen eine noch geringere, je nachdem die Batterie constanter oder weniger constant wirkte. Bei einigen Versuchen mit Luft hatte ich eine grössere Mannigfaltigkeit in den Werthen von b_1-b_2.

10. Calibriren des Elektrometers. Bei dieser Operation, d. h. bei Bestimmung, welchen Potentialen die verschiedenen Ausschläge desselben entsprechen), bediente ich mich der schon in der Abhandlung „Experimentelle Bestimmung der Dielektricitätsconstante von Isolatoren" (Wien. Ber. Bd. LXVII, Abth. II, 1873) beschriebenen Methode. Es zeigten sich die Ausschläge für meine gegenwärtigen Zwecke dem Potentiale genügend proportional, so dass die Anfertigung einer Correctionstabelle sich als überflüssig erwies. Da ein Daniell'sches Element schon einen zu grossen Ausschlag gab, suchte ich mir constante Elemente von kleinerer elektromotorischer Kraft zu verschaffen; ich verwendete Zinkeisen- und Eisenkupfer-Elemente, wobei jedes Metall immer in die Lösung seines schwefelsauren Salzes in Wasser tauchte. Dabei fand ich, dass derartige Zink-Eisenelemente fast genau den dritten Theil, derartige Eisen-Kupferelemente aber $\frac{2}{3}$ der elektromotorischen Kraft des Daniell'schen Elementes haben, was mit Thomsen's Bestimmungen der Verbindungswärme stimmt. Eine eingehendere Untersuchung der

elektromotorischen Kraft derartiger, aus verschiedenen Metallen gebildeter Elemente schiene mir von Interesse zu sein.

11. Zusammenstellung der Resultate. Bei den ersten Versuchen, die ich anstellte, war die Aufstellung des Elektrometers eine ziemlich unsolide, auch war dasselbe nicht genügend vor Luftströmungen in seinem Innern verwahrt. Bei diesen Versuchen ergab sich für Luft bei fünf Versuchsreihen:

$$\frac{\lambda}{2} = 0{\cdot}000283$$
$$257$$
$$272$$
$$289$$
$$287$$

Für Wasserstoff bei zwei Versuchsreihen:

$$\frac{\lambda}{2} = 0{\cdot}000136$$
$$114$$

Bei den beiden letzten mit Luft angestellten Versuchsreihen wurde die Platte *e* nicht von oben getragen, sondern ruhte durch Schellakstücke getrennt auf der Platte *d*. Der Werth des λ ist nicht merklich verschieden; doch ist er ein wenig grösser, was möglicherweise darin seine Ursache hat, dass sich bei Verminderung des Druckes die Schellakstützen ausdehnten und daher die Capacität des Condensators nicht blos in Folge der Verminderung der Dielektricitätsconstante der Luft, sondern auch in Folge der Vergrösserung der Plattendistanz wuchs. Wird die Platte *e* von oben getragen, so ist eher eine Verkleinerung der Plattendistanz bei Abnahme des Druckes wahrscheinlich, da sich Schellak mehr als Messing ausdehnen dürfte. Nun erst schritt ich zu den definitiven Versuchen. Die Werthe von $\frac{\lambda}{2}$, die sich dabei für die verschiedenen Gase ergaben, sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt. Daneben stehen unter der mit μ überschriebenen Rubrik die Zunahmen, welche der Brechungsquotient des betreffenden Gases durch eine Druckvermehrung von 760 Mm. erleidet und welche nach der Maxwell'schen Theorie gleich $\frac{\lambda}{2}$ sein müssen. Die Werthe von $\frac{\lambda}{2}$ wur-

den bei Temperaturen beobachtet, die zwischen 15 und 17° C. lagen. Ich habe deshalb die Grössen μ für 16° C. berechnet und zwar aus den von Dulong ausgeführten Bestimmungen der Lichtbrechungsquotienten von Gasen.

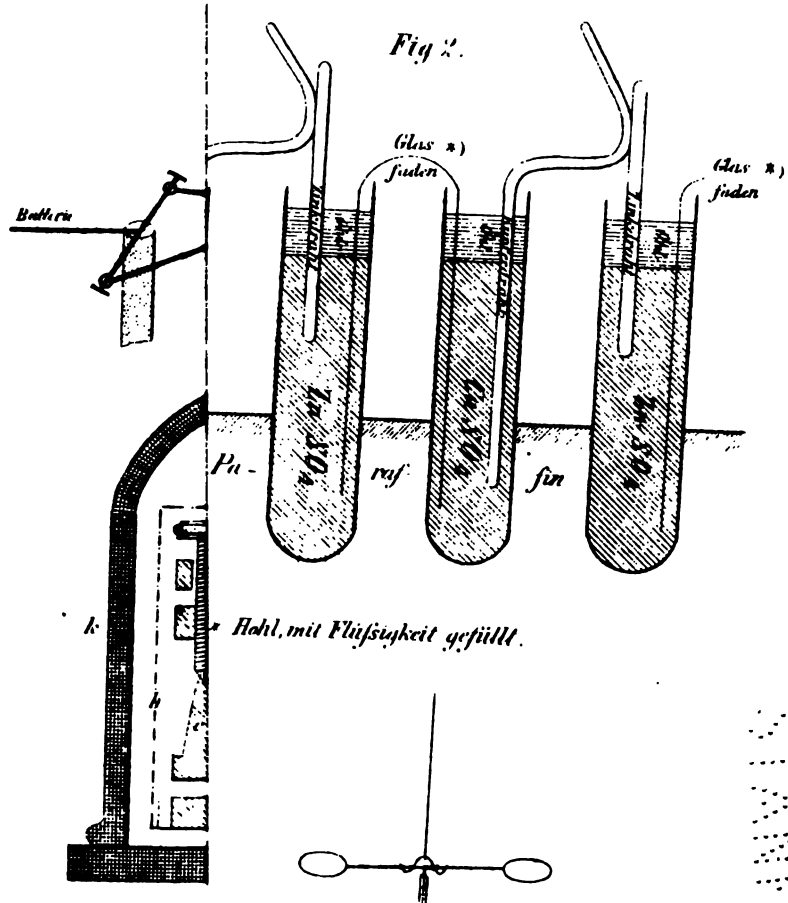
	$\frac{\lambda}{2}$	μ
Luft	0·000279	0·000278
Kohlensäure	0·000446	0·000424
Wasserstoff.	0·000125	0·000130
Kohlenoxyd	0.000325	0·000321
Stickoxydul	0·000469	0·000475
Ölbild. Gas.	0·000604 0·000633	0·000641
Sumpfgas ..	0·000445	0·000419

Nimmt man an, dass die Proportionalität des Zuwachses der Dielektricitätsconstante mit dem des Druckes bis zur absoluten Evacuirung gelte, so ist, wie bereits bemerkt, $1+\lambda$ die Dielektricitätsconstante des Gases bei 760 Mm. Quecksilberdruck, wenn die des luftleeren Raumes gleich eins gesetzt wird; daher $1+\frac{\lambda}{2}$ ihre Quadratwurzel. λ sei bei der Temperatur t bestimmt worden; α sei der bekannte Ausdehnungscoëfficient der Gase, also $\alpha = 0{\cdot}00366$. Setzt man noch voraus, dass sich diese Quadratwurzel in derselben Weise mit der Temperatur verändert, wie der Lichtbrechungsquotient, mit dem sie ja nach Maxwell's Theorie identisch ist, so ist $1+\frac{\lambda(1+\alpha t)}{2}$ die Quadratwurzel der Dielektricitätsconstante des Gases bei 0° C. und 760 Mm. Druck, wieder die des Vacuums gleich eins gesetzt. Letztere Dielectricitätsconstante soll mit $D_{0,760}$ bezeichnet werden. Ich lasse hier eine Zusammenstellung der Werthe von $\sqrt{D_{0,760}}$, wie sie sich unter diesen Voraussetzungen aus den Werthen des λ der vorigen Tabelle ergeben, mit den Lichtbrechungsquotienten $i_{0,760}$ bei 0° C. unter 760 Mm. Druck folgen.

	$\sqrt{D_{0,760}}$	$i_{0,760}$
Luft	1·000295	1·000294
Kohlensäure .	1·000473	1·000449
Wasserstoff .	1·000132	1·000138
Kohlenoxyd .	1·000345	1·000340
Stickoxydul .	1·000497	1·000503
Ölbild. Gas..	1·000656	1·000678
Sumpfgas ...	1·000472	1·000443

12. Einige ältere Versuche über die dielektrische Fernwirkung. Ich erwähne schliesslich einige noch in Graz angestellte Versuche über die dielektrische Fernwirkung. Ich selbst stellte noch einige Versuche mit Paraffinkugeln an. Die Methode war genau die in meiner Abhandlung „über die elektrostatische Fernwirkung dielektrischer Körper" (Wien. Ber. Bd. LXVIII, Abth. II, 1873) beschriebene. Auch die Grösse der Paraffinkugeln war dieselbe. Doch war mit besonderer Sorgfalt darauf gesehen, dass dieselben möglichst genau die Kugelgestalt hatten. Die Abweichungen der Längen der verschiedenen Durchmesser wurden mit einem Mikroskope mit Ocularmikrometer gemessen und die Rechnung ergab, dass, wenn die Kugel ein Ellipsoid gewesen wäre, dessen verschiedene Durchmesser dieselben Abweichungen gehabt hätten und dies Ellipsoid bei Berechnung der dielektrischen Fernwirkung als Kugel von gleichem Volumen in Rechnung gezogen worden wäre, dies keinen bemerkbaren Fehler veranlasst hätte. Die beiden wirkenden Kugeln wurden alternirend geladen, wobei sie aber mit zwei Quadranten eines Kirchhoff'schen Elektrometers verbunden waren; der bewegliche Theil (Wagbalken) dieses Elektrometers war nicht aus Aluminiumdraht, sondern aus einer halbleitenden Substanz (Pappe), so dass die alternirende Ladung auf ihn nicht wirkte, wohl aber musste er durch den etwaigen Überschuss einer Elektricität abgelenkt werden. Mittelst dieser Vorrichtung wurde constatirt, dass auch jener Überschuss keinen schädlichen Einfluss auf das Resultat haben konnte. Drei Versuchsreihen ergaben für die in der citirten Abhandlung mit E bezeichnete Grösse die Werthe: 3·267, 3·213, 3·220, Mittel 3·233, woraus sich die Dielektricitätsconstante des Paraffins gleich 2·343 ergibt.

Fig 2.



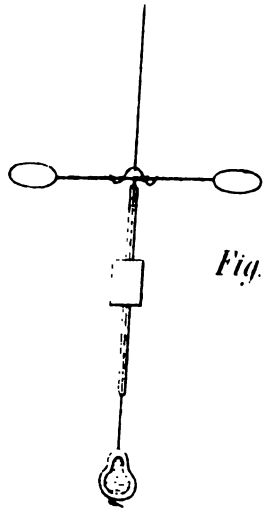


Fig. 1

In Fig. 3.

Ausserdem untersuchten die HH. Romich und Faydiga, studd. phil. an der Grazer Universität, die dielektrische Anziehung von Schwefelkugeln, die mit einer dünnen Harz- oder Paraffinschicht überzogen waren und von Paraffinkugeln, die mit einer Harzschicht bekleidet waren. Wenn die Schicht nicht zu dick war, so war die dielektrische Anziehung dieselbe, als ob jene Schicht nicht vorhanden gewesen wäre. Endlich untersuchten die genannten Herren noch vier Kugeln aus Kalkspath, Glas, Flussspath und Quarz. Die Dielektricitätsconstanten dieser Substanzen stimmten nicht mit der Maxwell'schen Theorie, sondern lagen zwischen 5 und 8. Bei allen diesen Substanzen zeigte sich jedoch eine Abhängigkeit der Dielektricitätsconstante von der Zeit der Einwirkung. Da diese nun bei den dielektrischen Versuchen nicht unter $^1/_{500}$ Secunde lag, bei den Lichtschwingungen aber viel kleiner als ein Billionstel Secunde ist, so wird hieraus die Nichtübereinstimmung begreiflich.

Die ausführliche Beschreibung aller dieser Versuche wurde bisher durch meine Übersiedlung nach Wien und Mangel an Zeit sowohl von meiner Seite als auch von Seite jener Herren verzögert.

Zum Schlusse sage ich noch Hrn. Prof. Ludwig meinen wärmsten Dank, welcher mir in der zuvorkommendsten Weise die Arbeit dadurch erleichterte, dass er die Darstellung der zu meinen Versuchen nothwendigen Gase übernahm.

Über Glycerin-Krystalle.

Von dem w. M. **Viktor v. Lang.**

(Mit 2 Holzschnitten.)

Herr Dr. K. Sarg hatte verflossenen Winter die Güte, mir aus seiner Fabrik mehrere Gläser mit krystallisirtem Glycerin zur Untersuchung zu übermitteln. Obwohl nun diese Krystalle, so lange sie sich in der Mutterlauge befinden, prachtvoll spiegeln, war ihre Untersuchung doch mit grossen Schwierigkeiten verknüpft. An die Luft gebracht, runden sich diese Krystalle alsogleich ab, zerfliessen, wenn auch langsam und machen so die Anwendung des Reflexions-Goniometers unmöglich. Da die Krystalle auch noch hemiëdrisch ausgebildet sind, so wäre ihre Bestimmung wohl ganz unmöglich gewesen, wenn sie nicht bis zu riesigen Dimensionen anwachsen würden, so dass die Winkel wenigstens näherungsweise durch das Anlegegoniometer bestimmt werden konnten. Die gefundenen Resultate folgen.

Krystallsystem: rhombisch.

Elemente: $a : b : c = 1 : 0{\cdot}70 : 0{\cdot}66$.

Formen: 100, 011, 101, 111.

Normalenwinkel:

	Berechnet	Beobachtet
$101.100 =$	56° 45′	57°
$101.\bar{1}01 =$	66 30	$66\frac{1}{2}$
$011.01\bar{1} =$	93 36	—
$011.101 =$	52 26	51
$111.100 =$	64 24	—
$111.011 =$	25 36	26
$111.01\bar{1} =$	93 15	—

		Berechnet		Beobachtet
111.101	=	38	0	38
111.$\bar{1}$01	=	71	41	—
111.$\bar{1}$11	=	51	12	—
11$\bar{1}$.$\bar{1}$1$\bar{1}$	=	104	0	—
111.11$\bar{1}$	=	82	26	—.

Combinationen. Die Krystalle sind verlängert nach der **Axe** *b*; **Fig. 1** gibt ein Bild der grösseren Krystalle mit sämmtlichen angegebenen Formen. An den durch Fig. 2 dargestellten kleineren Krystallen kommen nur die Formen 101 und 111 vor, letztere aber hemiëdrisch.

Fig. 1.

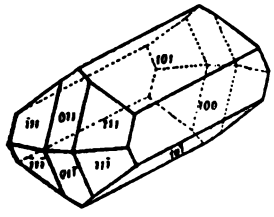
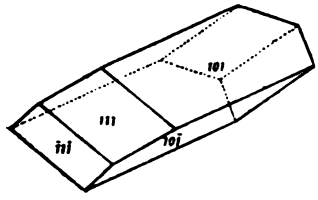


Fig. 2.



Da nun die Krystalle meist mit dem hinteren Ende aufgewachsen sind, so sehen solche hemiëdrische Krystalle ganz monoklinisch aus. Für die Richtigkeit des angegebenen Krystall-Systems spricht jedoch auch die optische Untersuchung.

Spaltbarkeit: unvollkommen senkrecht zur Längsaxe, also parallel einer Fläche 010.

Optisches Verhalten: Spaltungsstücke senkrecht zur Längsaxe zeigen, dass die Ebene der optischen Axen durch den spitzen Winkel des Prisma 101 geht und dass die Axe dieses Prismas parallel der grössten Elasticitätsaxe verläuft. Wahrscheinlich ist diese Axe auch die erste Mittellinie, obwohl die Axenbilder schon ausserhalb des Gesichtsfeldes liegen. Schief geschnittene Platten zeigen, dass der negative Winkel der optischen Axen für rothes Licht kleiner ist als für violettes. Die optische Orientirung ist daher gegeben durch die Symbole

$$c\underline{a}b,\ \rho<r.$$

Über die Naturgesetze der äusseren Formen der Unebenheiten der Erdoberfläche.

Von dem c. M. Feldzeugmeister Ritter v. **Hauslab.**

Materiale, das ist der Stoff mit seinen Bestandtheilen, und die äusseren von demselben angenommenen Formen haben zwar Zusammenhang und Beziehungen, aber lassen sich von einander abgesondert betrachten. Die folgenden Untersuchungen beabsichtigen Naturgesetze über die Gestalt der Gebirge aufzufinden, aber durchaus nicht in die geognostischen Verhältnisse näher einzugehen.

Die Lehre von den Unebenheiten der Erdoberfläche gehört in das Gebiet der Geographie und diese ist eine Naturwissenschaft. Wenn sie in manchen Schulen als Anhängsel der Geschichte eingereiht und untergeordnet wird, so ist dies ein Fehler. Die Geschichte beruht auf der Geographie; diese muss der ersteren vorausgehen, ist aber nicht durch selbe entstanden. Der Zusammenhang der Geschichte und Geographie ist meistens nur Gedächtnisssache. Man könnte ebenso gut die Mineralogie eine architektonische Wissenschaft heissen, weil der Baumeister die Gesteine behaut und mit ihnen baut. Die Geographie ist die Naturlehre des Erdkörpers und die Lehre der Verbreitung der Erscheinungen und Producte auf demselben. In jeder Naturwissenschaft spielt aber die Lehre der Formen und Gestalten (Morphologie) eine Hauptrolle. In der Mineralogie die Krystallographie, in der Botanik die Nachweisung der Formen der Blätter, der Korollen und der Zweigstellung, in der Zoologie die Anatomie, ohne welche wieder eine vergleichende Anatomie gar nicht bestehen würde.

In der Geographie werden bisher die Gestalten der Erdoberfläche als gesetzlos behandelt, der Lauf und die Krümmungen

der Flüsse gemessen, abgebildet, dem Gedächtniss eingeprägt und als Thatsachen zur Kenntniss genommen; frägt man nach der Ursache gerade dieser und keiner anderen Form und nach einer Erklärung, so ist diese der Zufall, der es nun einmal so und nicht anders gemacht hat. Es ist ein Sehen, aber keine Auffassung, kein Verstehen. Gerade so wie jeder Mensch, der Augen hat, einen Körper sieht, der sechs gleiche Flächen, zwölf gleiche Kanten und acht Ecken hat. Der Geometer und Krystallograph erkennt ihn aber als Kubus und weiss, dass, wenn die Ecken senkrecht auf die Axen abgestumpft werden, diese Flächen in ihrer Verlängerung ein Octaeder bilden. Wie sieht der Botaniker eine Pflanze, der Anatom ein Thier im Vergleiche mit einem noch so scharfsichtigen Laien an?

Ein solches Wissen ist eine Kenntniss, aber noch keine Wissenschaft. Für diese Letztere wird erfordert, dass sie wie die Mathematik im Stande sei, durch Zugrundelegung von zwei Bekannten auf eine dritte Unbekannte zu schliessen. Um dieses aber zu können, muss man nicht blos die Ergebnisse, sondern die Gesetze der Natur kennen.

Die Ausbildung der Kriegskunst, welche immer mehr vom Terrain abhängig wurde, erzeugte zuerst beim Militär das Bedürfniss nach Karten mit guten Gebirgsdarstellungen, und die Folge war, dass die Länderaufnahmen, wie es noch heute meistens der Fall ist, in die Hände des Generalstabes kamen. Ebenso suchte man von dieser Seite und aus obigem Grunde immer mehr mit den Oberflächenformen bekannt zu werden und es entstanden viele Bücher unter den Namen Terrainlehren, die aber meistens nur Nomenclaturen und militärische Recepte geben, zur Erforschung von Naturgesetzen mangelte aber den Autoren die naturwissenschaftliche Bildung. Auf der anderen Seite sind Gelehrte selten Situationszeichner und kommen nicht in die Lage, an grösseren Landesaufnahmen Theil nehmen zu können.

Auf diese Art und Weise besitzen wir über manche Theile unserer Erde, besonders in Europa, eine ausserordentlich genaue Kenntniss des Details, allein der Überblick des grossen Ganzen, der Zusammenhang ist uns nur lückenhaft bekannt, während wir vom Monde durch den Anblick eine leichte, klare Übersicht der Beschaffenheit seiner Oberfläche überhaupt bekommen, aber zu

weit entfernt und unsere Fernrohre zu schwach sind, um das kleine Detail zu entdecken.

Die Ameise, welche auf ihrem Haufen herumkriecht und seine inneren Gänge vollkommen gut kennt, hat gewiss nicht die Anschauung seiner äusseren Form, wie der Vogel, der vom Zweige des darüberstehenden Baumes auf selben herabsieht. Für die Erde sieht der Mensch wie die Ameise, für den Mond wie der Vogel.

Wollen wir uns nun, um unsere Kenntniss der Erde vollständig zu machen, von ihren grossen Verhältnissen eine Übersicht und eine bestimmte, wahre Vorstellung verschaffen, so kann dies nur mit vieler Mühe auf wissenschaftlichem Wege und mit dem geistigen, nie jemals einst mit dem körperlichen Auge geschehen. Die vorzüglichsten Mittel hiezu werden die Abbildungen der Formen, das ist Landkarten, in den verschiedenen Maassstäben sein, aber auch diese sind erst in der letzteren Zeit so vollkommen geworden, wie wir sie wünschten und brauchen. Erst seit wenigen Jahren sucht man nebst den beiden horizontalen Entfernungen, der Länge und Breite, auch die dritte Coordinate, die Höhe, geometrisch darzustellen, was durch die Methode der Horizontallinien geschieht.

Wir haben aber noch mit einer anderen Schwierigkeit zu kämpfen. Die Gegenstände, welche wir untersuchen wollen, sind nicht mehr in ihrer ursprünglichen Gestalt; wir wissen, dass die beiden bildenden Kräfte auf der Erdoberfläche unterirdische Hebungen und Fluthungen eines Flüssigen waren. Hebungen folgten aufeinander und zerstörten sich gegenseitig. Strömungen brachen ein, rissen fort, erzeugten Niederschlag und schwemmten an.

So haben wir es eigentlich nur mit Ruinen zu thun. Unsere Arbeit ist also jener vergleichbar eines Architekten, der aus den Überbleibseln eines alten Schlosses Zeichnungen über dasselbe in seinem ursprünglichen Bau entwerfen soll. Eine Arbeit, zu der Geschicklichkeit gehört, und die nicht jedesmal befriedigend gelingt.

Betrachten wir vor Allem die Wirkungen sich von ihrer sie umgebenden Bedeckung befreiender Gase.

Entwickelt sich ein eingeschlossenes Gas, so wird es, sobald die Spannung genügt, das Hinderniss auf den Punkt und in der Richtung des kleinsten Widerstandes entfernen und die Öffnung kreisförmig gestalten. Gewöhnlich sind das Vorbild eines solchen Vorganges unsere Vulkane, jedoch sind sie nur besondere Fälle.

Man muss aber das Naturgesetz im Allgemeinen in allen seinen Verhältnissen und Veränderungen betrachten, denn eine und die nämliche Gattung Kraft hat unter verschiedenen Umständen verschiedene Wirkungen.

Die Hülle, welche die Gasansammlung umschliesst, kann sich in einer Reihenfolge von Zuständen der Dünnflüssigkeit, der Dickflüssigkeit, des Stockens, der Weichheit und Zusammendrückbarkeit, der Feste, Härte und Starrheit befinden.

Das Gas kann sich in einer Reihenfolge von Zuständen der langsamen Ansammlung und Blähung oder plötzlicher Explosion entwickeln.

Aus dem gegenseitigen Zusammenwirken aller dieser Zustände, des umgebenden Mittels und aller Grade der Äusserungen der Kraft entsteht nun die unendliche Zahl der mannigfaltigsten Erscheinungen.

Im kochenden Wasser bildet sich eine Blase, steigt auf, macht auf der Oberfläche eine kugelförmige Wölbung und zerplatzt, ohne eine Spur hinter sich zu lassen.

Die Wirkung der Minen in gewöhnlicher Erde kennen unsere Ingenieure so genau, dass sie sie berechnen und für eine gewisse Ladung die Grösse des Kreises ihres Auswurfstrichters im bekannten Boden vorauszubestimmen oder rückschliessend aus dem Durchmesser des Kreises die Tiefenlage und Grösse der Ladung anzugeben im Stande sind.

Herr Professor von Hochstetter hat äusserst schöne und belehrende Versuche mit geschmolzenem Schwefel, der aus einer in der erstarrten Decke befindlichen Öffnung langsam emporquillt und endlich einen Kegel bildet, über die Aufschüttungsentstehung und die Lavaströmungen gemacht.

Die Ringgebirge des Mondes scheinen durch platzende Blasen in einem Dicken, Zähen, Stockenden, Flüssigen entstanden zu sein.

Betrachten wir uns nun die Formen, welche aus solchen Vorgängen entstehen, näher.

Es sind erstens einfache kreisförmige Ringwälle, deren oberer Kamm aber selten horizontal ist, sondern schief nach einer Seite abfällt, auch oft aus Kuppen und Einsattlungen besteht.

Wiederholen sich die Erhebungen und Gasentleerungen, so bilden sich in seinem Innern oft mehrere engere Ringwälle, die aber nach den Mittelpunkten, welche die Kraftäusserungen finden, nicht immer concentrisch sind. Zwischen zwei solchen Ringwällen, einem äusseren und einem inneren, entsteht nun eine Ringvertiefung oder ein Ringthal.

Die späteren Entleerungskreise können sich in den verschiedensten Grössen, auch auf dem Umfang oder ausserhalb des ersten Kreises, ineinander greifend oder anschliessend, stellen und sich befinden. Bei einem langsamen Heben und Senken bleibt der eingreifende frühere Kreis noch sichtbar, bei plötzlicheren und kräftigeren Ausbrüchen wird aber das durchlaufende Stück zerstört, und daraus wird auch erkennbar, welcher der ältere Ring war. Meistens entstehen auf dem Umfange grösserer Ringe kleinere und machen das Durchgehen des ersteren unkenntlich; manchmal aber wird ein Theil eines kleineren Ringes von einem grösseren weggerissen, wie das in den phlegräischen Feldern bei dem Krater von Campiglione durch den von Monte Viticella, welchen die Via Campana durchzieht, geschah.

Im Allgemeinen kann man annehmen, dass die grösseren Ringe früher als die kleineren entstanden sind, aber nach dem sich überall äussernden Schwanken im Steigen und Fallen der Naturkräfte kann auch auf eine kleinere Kraftäusserung später wieder eine grössere erfolgt sein.

Durch spätere Kreise, die in einem Ringthale entstehen oder dasselbe durchkreuzen, wird letzteres zerstört und unterbrochen. Innerhalb dieser Ringthäler, welche oft von einer gewissen Breite sind, finden die abrinnenden Flüsse ihr Bett und ihren sich schlängelnden Lauf.

In Rücksicht des Profiles können die inneren Gebilde den äusseren Ring an Höhe überragen wie beim Ätna, oder ge ihn in der Tiefe bleiben wie die Kaimeni auf Santorin.

Findet die Entstehung der Ringgebirge auf dem Grundboden eines Flüssigen statt, so werden ihre ursprünglichen Gesteine durch den Niederschlag aus letzterem bedeckt, allein ihre Form wird durch denselben nicht zerstört, sondern immer noch erkennbar sein. Auch hier muss man einen Unterschied in der Beschaffenheit der Bedeckung machen. Ist es ein Dickflüssiges, so werden die darin aufgelösten Bestandtheile sich durch die Adhäsion in ziemlich mit der Unterlage gleichlaufenden, selbst steilen Schichten ansetzen; ist es ein Dünnflüssiges, so werden sie einen immer mehr horizontalen Bodensatz erzeugen. Doch wenn auch durch einen solchen ein Ringwall ganz zugedeckt wird, tritt seine Gestalt später wieder anschaulich hervor. Wenn man am Boden eines Gefässes eine Nachbildung eines Ringwalles aus einem festeren Bestandtheile legt, und dieselbe mit nassem Sande ganz eben überdeckt, so wird man bald nach Verdunstung des Wassers an jenen Stellen, wo die Unterlage am meisten emporragt, einen trockenen Ring gewahren, während die anderen Theile noch länger feucht bleiben. Dieselbe Erscheinung ist auch in Ebenen auf der Erdoberfläche bemerkbar.

Erreicht das einen Ringwall bedeckende Flüssige nicht seine ganze Höhe, so erscheint er in einer Gestalt mit Ufern, welche einer Mondessichel gleichen; oft ragt dann die innere Erhebung auch noch als Mittelinsel hervor. Hat das Flüssige eine Strömung, so wird der Kamm des durchbrochenen Dammes eine kreisförmige Inselreihe bilden, deren einzelne Umrisse nach der Richtung der ersteren gestreckt sind.

Alle diese Formen und Zusammenstellungen sieht man in den mannigfaltigsten Verhältnissen auf dem Monde.

Hält man nach diesen allgemeinen Betrachtungen über die Ringformen auf der Erdoberfläche Umschau, ob sie nicht irgendwo wenig zerstört und gut erhalten sich vorfinden, so stösst uns die Umgebung von Neapel auf, welche mit den Mondgebirgen die unleugbarste Ähnlichkeit hat.

Der Gipfel des Vesuv zeigt deutlich den Monte Somma als Stück eines äusseren Ringwalles, den Atrio del Cavallo als Theil eines Ringthales zwischen d n vorigen und dem inneren Ausbruchk r hat. Der nordöstliche Theil des g dwestliche. Die von

Neapel westlich gelegenen phlegräischen Felder sind schon vielfach untersucht und beschrieben; sie sind ringförmige Ausbruchs-Krater submariner Vulkane, wie die horizontale Bodenfläche ihres Inneren und die zurückgebliebenen Seen zeigen. Man hat sie aber meistens nur einzeln, abgesondert betrachtet und übersehen, dass der Monte di Procida, Monte Gaude, Monte Leone, Camaldoli und das Gebirge von Posilipo in einem Kreise liegen und Stücke eines sie alle einschliessenden grossen Ringes sind. Ebenso bilden die Gebirge um Castellamare, Nocera, Sarno Nolo, Marigliano den vollkommen kreisförmigen Ringwall um den Vesuv, am Fusse dessen der Fiume Sebeto, obere Regi Lagni und Sarno im Ringthale fliessen. Capua und Calvi liegen ebenfalls im Inneren eines Ringes, welcher vom Monte Massico, Monte Serone und Monte Tifata geschlossen wird.

Nach dieser deutlichen, wenig zerstörten Gegend suchte ich, ob nicht andere weniger gut erhaltene, doch noch zu erkennen wären. Es fiel mir vor Allem die gebogene Gestalt des Genfer Sees auf, welche die grösste Ähnlichkeit mit der einer kleinen Menge Wassers in einer schief gehaltenen Schale mit etwas erhobenem inneren Boden hat, und ich fand, dass die Gebirge westlich von Genf Le Peculet, Mont Cotomby de Gex, Mont Salla, die Höhen über Aubonne und Lausanne, Mont Peterin, Famelon Mayen, Dent de Morele, Mont Dolent, Mont Blanc, Mont d'Arotte, Mont de Bisane, Mont de Stoile, Mont Seminoz, Mont Vuache und der Durchbruch der Rhone sich nicht allein in einer mit einem Zirkel beschriebenen Kreislinie befinden, sondern die Richtung der einzelnen Gebirgsrücken sich derselben vollkommen anschliesst. Innerhalb dieses umfassenden grossen Ringes läuft ein etwas kleinerer, der sich an den Nordrand anschliesst und über Mont Curt, Mont Fleucy, Tein Mont, Mont Salève und Genf geht. Ferner bildet sich eine kleinere Ringgruppe südlich vom See durch die Berggipfel Les Cornelles, Point Patnally, Roc d'Enfer und Mont Billai, dann eine zweite zwischen der Arve und dem Lac d'Annecy durch die Berge Mont Jallouvre, Mont Charoin, Mont Tournette und Mont Darmelan. Durch weitere Untersuchung lassen sich dann noch viele kleinere Ringe mehr oder minder deutlich unterscheiden. Südlich von diesem grossen Ringe des Montblanc zeigen sich noch besser erhalten und er-

sichtlicher die Ringgebirge, welche das Ringthal des Arc-Flusses, dann jene, welche das des Dora- und Tarros-Flusses einschliessen und durch die die Eisenbahn des Mont Cenis läuft. Man sieht diese Gebirge auf der Schichtenkarte der Alpen von Steinhauser ungemein deutlich und auffallend in Kreisform.

Später bemerkte ich in Baiern eine Erscheinung, welche noch nirgends erwähnt, hervorgehoben oder besprochen wurde, nämlich der beiläufig gleichlaufend wiederholte, wenn auch nicht concentrisch kreisförmige Bogenlauf von Theilen des Inn und Mattig, der Sill, Isar, Vils und Donau, dann der Wertach, des Lech, Paar, Laber und Mühel. Ebenso die Kreislage des Traun-Sees, Aber-Sees, Irr-Sees und des Atter-Sees und Mond-Sees.

Diese Erscheinungen veranlassten mich, meine Untersuchungen auf mehreren Karten von verschiedenen kleinen und grösseren Maassstäben und Ländern fortzusetzen. Mein Verfahren dabei war folgendes: Zuerst suchte ich die kreisförmig gebogenen Flussthäler ganz empirisch auf und legte sie mit grüner Farbe an. Ich fand mit Hilfe des Zirkels eine grosse Menge solcher Fälle, die auf diese Art eine unwiderlegbare Thatsache erweisen. Wenn man den so unendlich oft wiederholten kreisrunden Lauf der Flussthäler als Zufall erklären wollte, so wäre es ebenfalls Zufall und nicht Naturgesetz, dass das Kochsalz sich immer und ausnahmslos kubisch krystallisirt. Ich nahm sie also als die vorbeschriebenen Ringthäler an und suchte zu ihnen die zugehörigen, rothgelb bezeichneten äusseren und inneren Ringwälle. Das war allerdings schwieriger und unsicherer, denn die Kämme sind jedenfalls mehr zerstört und undeutlicher als die Thäler. Es gehört dazu, dass nicht blos durch drei Punkte ein Kreis gezogen wird, was wohl jedenfalls geometrisch möglich wäre, sondern, dass er eine grössere Anzahl von Kuppen verbinde und dass hauptsächlich die Richtung der Gebirgskämme sich dem Kreislaufe anschmiege.

Die Erkennungszeichen von dem Vorhandensein von Ringgebirgen sind mehrere, je nachd[illegible] das andere Merkmal mehr hervortritt, allein drei si[illegible] sächlich hervorzuheben:

1. Die Flussläufe in k[illegible]

2. Die äussere kreisförmige Richtung und Biegung der Gebirgskämme.

3. Sehr oft auch die innere kreisförmige geognostische Lagerung der Gesteine.

Von den letzteren Fällen sind einige der auffallendsten in der geognostischen Karte Mitteleuropas angezeigt.

Auf diese Art habe ich die Umgebungen von Wien, Ischl, Siebenbürgen, Niederösterreich, die Alpen, Europa und Asien bearbeitet und überall das wirkliche Bestehen der Ringform der Gebirge bestätigt gefunden, und ich werde meine Forschungen fortsetzen und noch durch mehrere Zeichnungen belegen.

Es ergibt sich daher, dass die Gebirge unserer Erde ebenfalls Ringe oder Theile eines Ringes sind.

Diese Ringgebirge sind zwar viel grösser als die Krater aller unserer bekannten, thätigen und erloschenen Vulkane, daher auch durch nicht gleiche Kräfte und Vorgänge entstanden, aber in ganz ähnlichem Verhältnisse zum Erddurchmesser, wie jene des Mondes zum Monddurchmesser, da auf diesem letzteren der Halbmesser des grössten Ringes des Mare Imbriums auch über 20 Breitengrade beträgt.

Der wesentlichste Unterschied der Erdgebirge von den Mondgebirgen ist daher nicht in ihrer horizontalen Form, sondern nur darin, dass letztere auf gleichen Grundflächen viel höher sind, das heisst, dass die natürliche Böschung eines frei aufgeschütteten Erdreiches auf dem Erdballe 45° und auf dem Monde über 60° betragen würde, was seine Erklärung in den verschiedenen Verhältnissen der Schwere auf beiden Weltkörpern finden dürfte.

Die mündliche oder schriftliche Aufzählung aller vorhandenen Ringformen wäre aber zu ermüdend, da der Gegenstand sich mehr für Anschauung eignet, und ich will mich nur beschränken, auf einige Erscheinungen, welche uns durch ihre Nähe interessanter sein dürften, aufmerksam zu machen.

Der Traun-See, der Lauf des oberen Traun-Flusses, das Thal von Ischl, der Aber- oder Wolfganger See und der Irr- oder Zeller See liegen in einem vollkommenen Kreise; nimmt man dieses als Ringthal an, so bilden der Traunstein, der Spitzelsteinfelsen, der Eibenberg, der Hohe Schratt, der Wildkogel, der Rinnkogel

mit dem Gemsfeld, das Königsberghorn, der Sonnberg, Collmansberg, der Taferlberg, der Irsberg und der Hausruck den äusseren Ringwall, und der Alpenberg, das Höllengebirg, der Tratenspitz, der Vormauerstein, der Schopf den inneren Ringwall.

Der Kammer- und Mond-See bilden aber noch ein innereres Ringthal, welches seinen äusseren Ringwall in dem Gahberg, Kernersberg, Hochlechenberg, Schaffberg und Hochfeld, und seinen inneren Ringwall im Rossmoosberg, Kulmspitz, Mannsbergerspitz, Haissing, Lichtenberger Wald und Einlösberg findet. Näher in das Detail eingehend findet man noch mehrere und kleinere Ringformen, welche in der Zeichnung ersichtlich sind. Das Gosau-Thal ist ein gut erkennbares, rundgekrümmtes Ringthal, welches sich zwischen dem umgebenden Ringe des Dachsteins, Bischofsmütze, Grossdonner-Kogel, Hornspitz, Hochkallenberg und dem eingeschlossenen Ringe des Bernwurzkogel und Blassenstein befindet; es liefert zugleich ein Beispiel einer Unterbrechung durch eine Erhebung beim vorderen Gosau-See.

Sehr deutlich erhalten ist ein Ringgebirg zwischen Pöchlarn und St. Pölten. Der Erlaf-Fluss fliesst von St. Anton bis Erlaf in einem Kreisbogen, der in seiner Verlängerung einerseits die Donau, andererseits das Türnitz-Thal trifft; gleichlaufend begleiten ihn ausserhalb die Gebirge von Annaberg, Türnitz, Willhelmsburg, St. Pölten, der Dunkelsteiner Berg, die Höhen westlich von Scheibbs, Purgstall, Holzing und Weiteneck, und innerhalb der Kuhberg die Höhen östlich von Scheibbs, Eisenstein und Hirschkogel, Blambachberg. In der eigentlichen Mitte befindet sich der Kessel von Schwarzenberg und Sturmkogel. Auch hier zeigt sich unzweifelhaft eine kleinere eingeschlossene Ringgruppe durch den Kreislauf des Bilach-Flusses mit einem äusseren und inneren Ringwall.

Betrachten wir die Umgebung des Schneeberges und der Rax-Alpe. Der Schwarzau-Fluss folgt oberhalb und unterhalb dieser Berge zwei Stücken von Bögen getrennter Kreise und von verschiedener Krümmung, dem einen zwischen Rohr und Schwarzau, dem anderen zwischen Payerbach über Glognitz nach Neunkirchen. Das Höllenthal umgibt den Kuhschneeberg, das Nasswalder Thal die Rax-Alpe, der Sirning-Bach den Ketten-

Loizberg kreisförmig. Dadurch entstehen mehrere Gruppen von grösseren, kleineren und inneren Ringgebirgen, welche alle durch einen grossen Ringwall, der vom Durchbruch bei Schloss Emersberg über Neunkirchen, Otterberg, Sonnwendsteinberg, Semmering, Heukuppe, Sonnleitstein, Preineckberg, Jochartberg, Gaisruckberg über den Hals auf den Mandlingberg und über Wopfing läuft, eingeschlossen werden.

Nähern wir uns unserer nächsten nachbarlichen Gegend. Wir sehen da, dass die Wien von der Einmündung des Wolfsgraben-Thales bis Ober-St.Veit — der Mödling-Bach und die untere Schwechat — der Sattel-Bach, die obere Schwechat bis nahe vor Laxenburg — der Aubach bei Grosau — dann die Triesting von Fahrafeld über Pottenstein, St. Veit, Leobersdorf bis Trumau, letztere drei beinahe gleichlaufend in Stücken von Kreisbögen fliessen. Dadurch entstehen mehrere Ringwallsysteme, deren Mittelpunkte beiläufig in der Nähe von Inzersdorf, Laab und Gaaden liegen. Alle werden aber umfangen durch den grossen Kreis, welcher durch den Kahlenberg, Scheiblingsteiner Berg, Troppberg, die Einsattlung bei Rekawinkel, den Puchleitner Berg, Hollerberg, Hoch-Ichberg, Mandlingberg, Raporberg, über Neustadt auf den Potschinger Wald und das Leitha-Gebirge gebildet wird. Durch ihre Berührungen und Durchkreuzungen entstehen im Inneren die hervorragenden Erhebungen des Laaber Steigs, des Höllensteins, des Anninger und Eisernen Thors.

Doch auch nordöstlich von Wien in der niederen Gegend des Viertels unter dem Mannhardsberge zeigen sich ringförmige Bildungen. Der Zaya-Bach fliesst von Wilfersdorf bis Drösing und seine Mündung in die March, ebenso der Russbach von Hautzendorf bis Gross-Engersdorf in Kreisbögen.

Endlich läuft die Donau, deren Mittellinie aus der bisherigen Verwilderung und Zertheilung in Inseln, jetzt durch die Regulirung wieder hergestellt wird, von Korneuburg bis Hainburg in einer Kreislinie, deren Mittelpunkt westlich von Prottes unweit Matzen liegt. Der äussere Ringwall von diesem Ringthal zieht vom Sonnberg bei Kierling über den Hermannskogel, den Laaer Berg, die Rauchenwarter- und Elenderwald-Höhen, auf den Hundsheimer Berg bei Hainburg, dann über die Donau auf den Kaltenbrunner Kogel und die Abfälle der Karpathen, über die

March auf die Hügel von Lichtenwarth, Hörersdorf, den Buschberg des Michelstädter Waldes, den Steinberg bei Schloss Ernstbrunn und den Waschberg nach Höflein zurück an die Donau. Dieser Ringwall begründet die Erhebungen, welche die Niederung des Neustädter Steinfeldes von der Donau trennen. Innerhalb dieses weiten Kreises lassen sich mehrere ringförmige Bodenanschwellungen erkennen, unter denen der Steinberg bei Zistersdorf, der Staket-Wald bei Paasdorf und der Pfesingwald westlich von Ulrichskirchen sind.

Ein ganz ausgezeichnetes, unleugbares Ringgebirg mit äusserem und innerem Wall, befindet sich nordwestlich von Güns zwischen Steinberg und Kirchschlag, in dessen Ringthal der Repcze-Fluss sein kreisgekrümmtes Bett hat.

Man muss alle hier gezeichneten Ringwälle nicht zu scharf und genau auf der schmalen, feinen Kreislinie beschränkt nehmen und beurtheilen, denn jeder Wallkörper hat seine gewisse Breite und wenn etwas auf der einen oder der anderen Seite weggenommen wird, so wird seine Kammlinie bald nach rechts, bald nach links verschoben. Überhaupt werden alle diese Erscheinungen und Thatsachen erst leichter, deutlicher und bestimmter nachgewiesen werden können, wenn wir von der Umgebung unserer Hauptstadt endlich Horizontalschichten-Karten besitzen werden. Durch diese Methode, die allein auch die Höhen geometrisch ersichtlich und also erst die Form und Gestalt der Gebirge in ihrer Vollständigkeit bekannt macht, wird auch die Lehre der Naturgesetze über die äussere Bildung der Unebenheiten der Erdoberfläche endgiltig befestigt werden.

Die Ergebnisse dieser meiner Forschungen und Arbeiten dürften nun zusammengefasst folgende sein:

1. Die nicht blos hypothetisch behauptete, sondern auf Karten gezeichnete Nachweisung, dass die Oberfläche der Erde eben solche Ringgebirge besitzt wie der Mond, mit dem alleinigen Unterschiede, dass die auf letzterem auf gleicher Basis höher sind. Wie die noch immer nicht ganz vollkommenen Darstellungen unserer Landkarten zeigen, ist diese Thatsache bis jetzt noch gänzlich unbekannt.

2. Zeigen sie Sonderung und Zusammenhang, das heisst eine Zergliederung der Formen der Erdoberfläche, wodurch die

Beziehungen der Einzelnheiten zu einem Ganzen und ihre Bedeutung klar werden, wie dies in den anderen Naturwissenschaften, z. B. durch die Krystallographie in der Mineralogie, durch die Formenlehre in der Botanik und durch die Anatomie in der Zoologie, geschieht.

3. Wenn die Geognosie lehrt, dass die Gebirge durch unterirdische Kräfte gehoben sind, dürfte diese geographische oberirdische Arbeit mit ihr vollkommen übereinstimmen, an sie anknüpfen und nachweisen, in welcher Ausdehnung, wo und wie diese Vorgänge stattfanden.

4. Sie dürften zu der Erkenntniss beitragen, dass die Natur bei Bildung aller Weltkörper wahrscheinlich nur ein und dasselbe Gesetz und den nämlichen Weg, aber in verschiedenen Modalitäten befolgt hat, dass die Sonne nach den neuesten Beobachtungen noch in der Periode der Gasentwicklung aus einem Glühendflüssigen ist — dass auf der Erde die Spuren der Blasenbildung als gestockte und festgewordene Ringgebirge noch vorhanden sind, auch die letzten Reste unterirdischer feuriger Kräfte sich in den Vulkanen äussern und bereits ein wässerig Flüssiges einen grossen Theil der Oberfläche bedeckt — dass endlich der Mond schon in das letzte Stadium dieses allgemeinen Verlaufes gelangt sei, und jedes Flüssige wahrscheinlich ganz entbehre, sondern starr, fest und trocken geworden ist.

5. Schliesslich ist es bekannt, dass zur Erleichterung des Unterrichtes in der Geographie und zur Einprägung von Gestalten und Raumverhältnissen man schon vielfach die Zugrundelegung von einfachen, regelmässigen geometrischen Figuren, als: rechtwinklige, gleichschenklige, gleichseitige Dreiecke, Rechtecke und Quadrate versuchte; da aber Kreise auch einfache geometrische, leicht zu zeichnende Figuren sind, so geschieht dies nunmehr durch das Erkennen und im Gedächtnissbehalten von wirklich vorhandenen natürlichen Kreisen, von deren Grössenverhältnissen und Stellungen viel leichter und besser als durch ideale, künstliche Eintheilungen.

XIV. SITZUNG VOM 21. MAI 1874.

Der Secretär theilt Dankschreiben mit von dem naturwissenschaftlichen Vereine für Sachsen und Thüringen zu Halle, für das Glückwunsch-Telegramm, welches ihm die Akademie zur Feier seiner 25jährigen Thätigkeit zugehen liess, und vom Herrn Dr. J. Barrande für die ihm zur Fortsetzung seines Werkes: „Système silurien du centre de la Bohême“ neuerdings bewilligte Subvention von 1500 fl.

Herr Prof. Dr. Ew. Hering in Prag übersendet eine Abhandlung: „Zur Lehre vom Lichtsinne. VI. Mittheilung: Grundzüge einer Theorie des Farbensinnes.“

Herr Regierungsrath Dr. Fr. Rochleder macht folgende, für den Anzeiger bestimmte vorläufige Mittheilungen: 1. „Untersuchung der Aloë“, von den Herren Dr. E. v. Sommaruga und Egger. — 2. „Untersuchung der Chrysophansäure und des Emodin“, vom Herrn Skraup. — 3. „Über die Einwirkung von Cyankalium auf Dinitrobenzoësäure“, von den Herren v. Sommaruga und Skraup. — 4. Untersuchung des Lakmus“, von den Herren Rochleder und Skraup, und 5. „Über Chinovasäure“, von denselben.

Herr Hofrath Dr. H. Hlasiwetz übermittelt eine Abhandlung des Herrn Ph. Weselsky: „Über die Darstellung von Jodsubstitutionsproducten nach der Methode mit Jod und Quecksilberoxyd.“

Herr Prof. R. Niemtschik übersendet eine Abhandlung: „Über die Construction der Linien zweiter Ordnung, welche zwei, drei oder vier Linien derselben Ordnung berühren.“

Herr Regierungsrath K. v. Littrow theilt mit, dass der am 17. v. M. von Coggia in Marseille entdeckte Komet, nach Dr. Holetschek's Rechnungen, beiläufig für die Mitte Juli eine auch dem freien Auge auffällige Erscheinung bieten wird.

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Annalen (Justus Liebig's) der Chemie und Pharmacie. N. R. Band 96, Heft 1. Leipzig & Heidelberg, 1874; 8°.

Annales des mines. VIIe Série. Tome IV. 6me Livraison de 1873. Paris; 8°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Tome LXXVIII, Nr. 18. Paris, 1874; 4°. — Tables. 2me Semestre 1873. Tome LXXVII. 4°.

Gesellschaft, österr., für Meteorologie: Zeitschrift. IX. Band, Nr. 10. Wien, 1874; 4°.

Journal für praktische Chemie, von H. Kolbe. N. F. Bd. IX, 6., 7. & 8. Heft. Leipzig, 1874; 8°.

Kasan, Universität: Bulletin et Mémoires. 1873, Nrs. 4—6. Kasan, 1873; 8°.

Landbote, Der steirische. 7. Jahrgang, Nr. 10. Graz, 1874; 4°.

Mayer, J. R., Die Mechanik der Wärme in gesammelten Schriften. (Zweite umgearbeite und vermehrte Auflage.) Stuttgart, 1874; 8°.

Mittheilungen des k. k. techn. & administr. Militär-Comité. Jahrgang 1874, 5. Heft. Wien; 8°.

— aus J. Perthes' geographischer Anstalt. 20. Band, 1874. Heft V, nebst Ergänzungsheft Nr. 36. Gotha, 1874; 4°.

Nature. Nr. 237, Vol. X. London, 1874; 4°.

Revista de la Universidad de Madrid. 2^a Epoca. Tomo I. Nr. 5. Madrid, 1873; gr. 8°.

„Revue politique et littéraire" et „Revue scientifique de la France et de l'étranger." IIIe Année, 2me Série, Nr. 46. Paris, 1874; 4°.

Société Impériale des Naturalistes de Moscou: Bulletin. Tome XLVI. Année 1873, Nr. 4. Moscou, 1874; 8°.

Society, The Royal Astronomical, of London: Monthly Notices. Vol. XXXIV, Nrs. 5 & 6. London, 1874; 8°.

Verein für siebenbürgische Landeskunde: Archiv. N. F. XI. Bd., 1. & 2. Heft. Hermannstadt, 1873; 8°. — Jahresbericht für 1872/3. Hermannstadt; 8°. — Die Mediascher Kirche, von Karl Werner. Hermannstadt, 1872; 8°. — Martin von Hochmeister, von Adolf v. Hochmeister. Hermannstadt, 1873; 8°.

Verein, naturwissenschaftlicher, für Sachsen und Thüringen: Zeitschrift für die gesammten Naturwissenschaften. N. F. 1873. Band VII. Berlin; 8°.

Wiener Medizin. Wochenschrift. XXIV. Jahrgang, Nr. 20. Wien, 1874; 4°.

Zürich, Universität: Akademische Gelegenheitsschriften aus den Jahren 1872—1874. 4° & 8°.

Über die Darstellung von Jod-Substitutionsproducten nach der Methode mit Jod und Quecksilberoxyd.

Von P. Weselsky.

(Aus dem chemischen Laboratorium des Herrn Prof. Hlasiwetz.)

Im 60. Bande der Sitzungsberichte der kais. Akademie der Wissenschaften, II. Abth. 1869, S. 290, beschrieben Hlasiwetz und ich ein Verfahren, Jod statt des Wasserstoffs in organische Verbindungen einzuführen, welches auf der vereinigten Wirkung des Jods und eines sauerstoffabgebenden Metalloxyds (HgOr PbO....) beruht, ein Verfahren, welches seitdem von anderen Chemikern mehrfach mit bestem Erfolge angewendet wurde. Es hat sich jedoch, indem ich diesen Gegenstand verfolgte, auch gezeigt, dass gewisse Verbindungen dieser Reaction sehr leicht, manche schwierig und andere ihr gar nicht zugänglich sind, und es kam daher darauf an, den Versuchen eine solche Ausdehnung zu geben, dass aus ihnen womöglich eine Regel abgeleitet werden könnte.

Die Versuche, die ich seitdem ausgeführt habe, ergaben von Allem, dass im Allgemeinen es nur die sogenannten aromatischen, und diesen nahestehende Verbindungen sind, welche nach dieser Methode jodirt werden können. Sie erwies sich dagegen ganz wirkungslos bei den, den nicht aromatischen Gruppen angehörigen Substanzen [1].

---

[1] Mit folgenden Verbindungen wurden Versuche gemacht: Äthylalkohol, Amylalkohol, Amylen, Essigsäure, Buttersäure, Valeriansäure, Stearinsäure, Aceton, Butyron, Butyral, Rautenöl, Oxalsäure, Bernsteinsäure, Weinsäure, Pyroweinsäure, Äpfelsäure, Citronensäure, Milchsäure, Leucinsäure, Gluconsäure, Glycerin, Zucker, Mannit, Milchzucker, Asparaginsäure, Glutaminsäure, Cyanaethyl, Senföl, Harnstoff, Alloxan.

Bei den Verbindungen der aromatischen Gruppe müssen übrigens noch gewisse Bedingungen der Constitution erfüllt sein, wenn sie nach dieser Methode nur Jod-Substitutionsproducte geben sollen.

Bei manchen hieher gehörigen Verbindungen findet eine weitergehende, wie es scheint, oxydirende Wirkung statt, und man erhält braune harz- oder humusartige Zersetzungsproducte, so z. B. aus Pyrogallussäure, Gallussäure und Gerbsäure.

Indifferent erwiesen sich:

Kohlenwasserstoffe: Benzol, Toluol, Anthracen, Naphthalin, Styron;

Nitro, Chlor und Bromderivate derselben;

Azoverbindungen: Azobenzol, Azoxybenzol;

Aldehyde und Ketone: Bittermandelöl, Zimmtaldehyd, Propylphenylketon;

Hydramide: Hydrobenzamid;

Monocarbonsäuren: Benzoësäure, Zimmtsäure, Toluylsäure, Anissäure, Hippursäure;

Dicarbonsäuren: Phtalsäure, Iso- und Terephtalsäure;

Tricarbonsäuren: Trimellithsäure;

Trinitroverbindungen: Trinitrophenol, Trinitroresorcin;

Verbindungen der Kamphergruppe: Kampher, Borneol, Kamphersäure, Kamphoronsäure.

Jodirbar waren:

Alkohole: Phenol, Kresol, Benzalkohol, Thymol, Zimmtalkohol, Anethol...., ferner Resorcin, Brenzcatechin, Orcin (Hydrochinon gibt Chinon, Haematoxylin gibt Haematëin);

die niederen Nitroderivate des Phenols, Resorcins und des Orcins;

die niederen Chlorderivate des Phenols;

die niederen Sulfoderivate des Phenols, des Resorcins;

Aldehyde zweiatomiger Säuren: Salicylige Säure;

zweiatomige Säuren: Oxybenzoësäure, Salicylsäure, Paraoxybenzoësäure, Phloretinsäure;

die niederen Nitroderivate der zweiatomigen Säuren: Nitrooxybenzoësäure, Nitrosalicylsäure, Nitroparaoxybenzoësäure;

Säureamide und Aminsäuren: Salicylamid, Salicylaminsäure. Eigenthümliche näher zu studirende blaue und violett gefärbte (Azo?) Verbindungen geben gewisse Amidoverbindungen (α Amidophenol, Benzaminsäure vom Schmelzpunkte 173° C.; Naphthylamin).

Terpene: Terpentinöl und Isomere, Wachholderöl, Citronenöl.

Ohne Erfolg war die Reaction bei Alkaloiden (Morphin, Chinin, Cinchonin), dann bei Kreatin, Kreatinin, Coffeïn.

Meine Versuche konnten indess den Gegenstand nicht erschöpfen. Es werden sich ohne Zweifel in der Folge noch Fälle ergeben, die diese Regeln erweitern, und andere, die sie beschränken können. Vorerst musste ich mich begnügen, nur die Kategorien der Verbindungen aufzufinden, bei denen eine solche Substitution möglich ist oder nicht. Ich konnte auch bei Weitem nicht alle die Verbindungen genauer untersuchen, die so darstellbar sind.

Diejenigen, die ich nachstehend noch beschreibe, erregten mein Interesse vornehmlich durch die Leichtigkeit, mit welcher sie nach dieser Methode entstehen, so wie dadurch, dass bei isomeren Verbindungen die Zahl der so substituirbaren Wasserstoffatome einen Unterschied bedingt, der in der verschiedenen Stellung der einzelnen substituirenden Gruppen seinen Grund haben muss.

Salicylsäure, Oxybenzoësäure, Paraoxybenzoësäure.

Die Jodirung dieser drei isomeren Säuren, die neben der Carboxylgruppe auch noch eine Hydroxylgruppe enthalten, erfolgt mit bemerkenswerther Leichtigkeit. Zwar sind mehrere dieser jodirten Säuren schon aus den schönen Arbeiten von E. Lautemann[1] und P. Lieehti[2] bekannt, allein die Methode dieser Chemiker, das Jod direct oder unter Zuhilfenahme von Jodsäure einzuführen, steht, was Schnelligkeit der Operation, Menge und Reinheit des Productes betrifft, bei Weitem der Jodirung mittelst Jod und Quecksilberoxyd nach, und da sich bei

[1] Annalen der Chemie. Bd. 120. S. 299.

[2] Zeitschrift für Chemie. 1870. S. 193.

dieser letzteren die Bedingungen der Quantitäten der Materialien, der Temperatur und der Verdünnung sehr genau einhalten lassen, so gestattet sie leicht einen Vergleich des Verlaufes der Reaction bei diesen drei Isomeren.

Die Salicylsäure gibt je nach den angewandten Jodmengen sehr leicht Mono und Dijodsäure; die Oxybenzoësäure Monojodsäure; die Paraoxybenzoësäure gleich der Salicylsäure Mono- und Dijodsäure. Was ich nach einer vorläufigen Mittheilung für Tetrajodparaoxybenzoësäure hielt, hat sich bei näherer Untersuchung als Trijodphenol erwiesen, dessen Jodgehalt dem Jodgehalte einer Tetrajodparaoxybenzoësäure nahe kommt.

$$\underbrace{C_6H_2J_2\{OH}_{J=80\cdot7} \qquad \underbrace{C_6J_4\{\begin{matrix}COOH\\OH\end{matrix}}_{J=79\cdot1}$$

Das Verfahren bestand bei allen den angewandten Substanzen darin, dass in die mit Alkohol von 90′ Vol. Proc. bereitete Lösung abwechselnd Jod und Quecksilberoxyd eingetragen wurde, und zwar wurden mit jeder Säure drei Reihen von Versuchen gemacht, in denen das Verhältniss der Säure zum Jod nach Molecülen wie 1 : 1; 1 : 2 und 1 : 4 war. In Folge der Reaction erwärmt sich die Flüssigkeit von selbst, ohne indess heisser als etwa 40° C. zu werden. Es brauchte niemals, um sie zu vollenden, künstlich erhitzt oder gar gekocht zu werden. Die jodirten Verbindungen befinden sich am Ende des Versuches stets nur in der filtrirten alkoholischen Lösung; das rückständige Gemisch von Quecksilberjodid und Quecksilberoxyd hält nichts zurück.

Jodsalicylsäuren.

Monojodsalicylsäure. 1 Mol. Säure, 1 Mol. Jod

$$(2(C_7H_6O_3) + 4J + HgO = 2(C_7H_5JO_3) + HgJ_2 + H_2O).$$

Die alkoholische Lösung von der nach diesem Verhältniss ausgeführten Reaction, enthält neben der Monojodverbindung auch stets eine gewisse Menge der zweifach jodirten Verbindung, und zwar um so weniger von der Letzteren, je verdünnter die Lösung war, und je weniger Jod auf einmal in die Reaction trat.

Zur Trennung dieser beiden Verbindungen von einander und etwas gelöstem Quecksilberjodid, wurde nach dem Abdunsten des Weingeistes das Ganze mit einer ganz verdünnten warmen Sodalösung behandelt, worin sich bis auf das Quecksilberjodid Alles löste. Aus dem erkalteten mit Salzsäure angesäuerten Filtrate wurden dann die Säuren mit Äther ausgezogen, das nach dem Abdunsten des Äthers hinterbliebene Gemisch nach der Methode von Lautemann[1] mittelst der Barytsalze in monojod- und dijodsalicylsauren Baryt zerlegt. Die aus den Barytsalzen wieder abgeschiedenen Säuren besassen genau dieselben Eigenschaften, die Lautemann schon ausführlich beschrieben hat.

Zur Controle der Zusammensetzung der Monosäure wurde noch ein Natronsalz analysirt, welches durch directe Absättigung in kleinen warzenförmigen Krystallen erhalten wurde.

Die Formel $C_7H_4JNaO_3$ des bei 120° C. getrockneten Salzes verlangt 8·0 Procente Natrium, gefunden wurden 7·9 Procente.

Dijodsalicylsäure. Während nach in der vorstehend beschriebenen Weise, hauptsächlich Monojodsäure mit nur kleinen Mengen Dijodsäure entsteht, bildet sich die letztere besonders leicht, wenn auf ein Molecül Salicylsäure zwei Molecüle Jod angewendet werden. In diesem Falle ist die Menge Monojodsäure, die noch mitentsteht, meist verschwindend klein. Das Verfahren der Gewinnung, Trennung und Reinigung war das gleiche. Die Zusammensetzung der Dijodsalicylsäure wurde sowohl durch die Analyse ihres Natronsalzes, wie auch der freien Säure controlirt.

Die letztere erschien aus verdünntem Weingeist krystallisirt, in der Form farbloser, nadelförmiger Krystalle

$C_7H_4J_2O_3$	Gefunden:
$J = 65·1$	65·2.

Das Natronsalz, durch directes Absättigen der freien Säure mit kohlensaurem Natron erhalten, krystallisirt leicht, und bildet stark glänzende hübsche kleine wohl ausgebildete, fast farblose Nadeln.

---

[1] Annalen der Chemie. Bd 120. S. 301.

Nach dem Trocknen bei 140° C. wurde gefunden:

$C_7H_3J_2NaO_3$

J = 61·6 . . . . . —61·1

Na = 5·5 . . . . . — 5·2.

Aus dem Verhältniss von 1 Mol. Säure: 3. Mol. Jod wäre Trijodsalicylsäure zu erwarten gewesen. Diese Säure existirt, und Lautemann hat sie auch beschrieben. Er erhielt indessen von ihr nur so geringe Mengen, dass er weder ihre Salze noch ihre übrigen Verhältnisse ermitteln konnte.

Sie scheint, wie er bemerkt, ausserordentlich leicht zersetzlich zu sein, und schon während ihres Entstehens (nach seinem Verfahren) wieder theilweise zu zerfallen. Ich meinestheils habe sie gar nicht erhalten können. Aus dem Verhältnisse von 1 : 3 ging wieder nur Dijodsalicylsäure hervor und selbst als ich das Verhältniss von 1 : 4 in Anwendung brachte, erhielt ich ausschliesslich Dijodsäure.

Bei diesem Verhältnisse verlief die Jodirung Anfangs wie in den vorhergehenden Fällen; als jedoch das 4 Molecül Jod eingetragen wurde, trat selbst bei einem Überschuss von Quecksilberoxyd keine völlige Entfärbung der Flüssigkeit mehr ein, und der Quecksilberrückstand, früher wesentlich aus scharlachrothem Quecksilberjodid bestehend, war dunkelbraunroth und enthielt wahrscheinlich viel Oxyjodid.

Das braune Filtrat wurde auf Zusatz von schwefliger Säure lichter, und Wasser fällte hierauf die Jodverbindung, welche abgepresst wurde. Durch Behandeln des Rohproductes mit einer Sodalösung, wodurch noch etwas Quecksilberjodid abgetrennt werden konnte, erhielt ich aus dem eingedampften Filtrate reichlich fast farblose atlasglänzende Nadeln des Natronsalzes der Dijodsäure und auch die Mutterlaugen gaben bis auf den letzten Rest Krystalle vom nämlichen Aussehen.

Jodoxybenzoësäure.

Die nach der sehr guten Methode von Barth[1] dargestellte und nach Remsen[2] von Paraoxybenzoësäure befreite Oxyben-

[1] Annalen der Chemie. Bd. 148. S. 30.

[2] Zeitschrift für Chemie. 1871. S. 81.

zoësäure, jodirt sich ziemlich leicht; man erhält bei Anwendung des Verhältnisses 1 : 1 gerade so wie bei der Salicylsäure vornehmlich Monojodsäure, mit kleinen Mengen Dijodphenol. Das Verhältniss 1 : 2 und 1 : 3 gab mehr jodirtes Phenol und weniger Monojodsäure. Eine Dijodsäure war mit Sicherheit nicht zu isoliren, und was ich Anfangs dafür zu halten geneigt war, musste ich weiterhin als ein Gemisch dieser Substanzen betrachten. Von der aus der Jodirung hervorgehenden weingeistigen Lösung wurde der Weingeist abdestillirt und der Rest mit siedendem Wasser behandelt; dadurch geht die Monojodsäure in Lösung, während das Jodphenol grösstentheils ungelöst bleibt. Aus der Lösung krystallisirt die Monojodsäure in Drusen von Krystallnadeln, ähnlich der Gallussäure.

Zur Reinigung wurde wieder mit kohlensaurem Natron behandelt, aus dem Natronsalz die Säure durch Salzsäure in Freiheit gesetzt und mit Äther ausgezogen. Nach mehrmaligem Krystallisiren erscheint sie farblos und in hübschen, feinen, meist zu Gruppen vereinigten dünnen Nadeln; kaltes Wasser löst wenig, siedendes völlig.

Der gefundene Jodgehalt entspricht der Theorie:

$\overbrace{C_7H_5JO_3}$	Gefunden:
$\overbrace{J = 48 \cdot 1}$	48·4.

Jodparaoxybenzoësäuren.

Monojodparaoxybenzoësäure. Bei Einhaltung des Verhältnisses 1 : 1 entsteht dieselbe ohne Schwierigkeit, und man kann sie in der früher angegebenen Weise um so leichter reinigen, als sie in siedendem Wasser leicht löslich ist und beim Abkühlen schnell wieder krystallisirt, während die Dijodsäure und eine gewisse Menge gleichzeitig gebildeten Trijodphenol's anlöslich zurückbleiben.

Sie bildet kurze glasglänzende Nadeln.

Diese, sowie die folgende Dijodverbindung hat schon Peltzer[1] durch gleichzeitige Einwirkung von Jod und Jodsäure

[1] Annalen der Chemie. Bd. 146. S. 284. Zeitschrift für Chemie 1869. S. 225.

auf Paraoxybenzoësäure dargestellt und ich kann die Angaben, die er über sie und ihre Salze macht, nur bestätigen.

Die Säure enthält Krystallwasser, welches bei 100° C. entweicht.

$C_7H_5JO_3$		Gefunden:
$J = 48 \cdot 1$	. . . .	48·3.

Dijodparaoxybenzoësäure. Diese Säure entsteht vornehmlich bei Anwendung des Verhältnisses 1 : 2.

Das nach den früheren Angaben dargestellte Rohproduct enthält etwas Monojodsäure, viel Dijodsäure und eine kleine Menge Trijodphenol.

Die Trennung von der Monojodsäure geschieht durch wiederholtes Auskochen mit Wasser. Der Trennung vom Trijodphenol kommt der Umstand zu statten, dass die Dijodsäure von einer kalten Sodalösung leicht aufgenommen wird, während Trijodphenol darin schwer löslich ist. Aus der alkalischen Lösung mit Salzsäure abgeschieden und dann aus Weingeist umkrystallisirt, erscheint sie in kleinen farblosen Nadeln

$C_7H_4J_2O_3$		Gefunden:
$J = 65 \cdot 1$	. . . .	64·9.

Peltzer hat mehrere Salze von dieser Säure dargestellt und untersucht. Ich habe mich begnügt, das durch Absättigen der Säure mit überschüssiger heisser Sodalösung erhaltene Natronsalz zum Vergleiche darzustellen; es bildet, wie auch Peltzer beschreibt, leicht lösliche, luftbeständige, durchsichtige, rhombische Tafeln und enthält 6 Molecüle Wasser

$C_7H_2J_2Na_2O_3, 6H_2O$		Gefunden:
$J = 46 \cdot 8$	. . . .	46·4
$Na = 8 \cdot 4$	. . .	8·3
$H_2O = 19 \cdot 9$	. . . .	19·4.

Ich habe ferner das Jod auch in die Mononitroverbindungen der drei isomeren Säuren eingeführt, indessen bisher nur Monojodverbindungen dargestellt.

Die betreffenden Nitroproducte wurden in weingeistiger Lösung mit Jod und Quecksilberoxyd behandelt, und durch die

Kalium- oder Baryumsalze gereinigt. Sie sind sämmtlich leicht krystallisirbar.

Das Rohproduct wurde aus der alkoholischen Lösung durch Wasser gefällt, abgepresst und mit überschüssigem kohlensauren Kali in der Wärme in Lösung gebracht; bald nach dem Abkühlen erschienen blutrothe Nadeln mit grünem Metallglanz. Aus den Mutterlaugen aber schossen oranggelbe kleine Nädelchen an, die einer anderen Verbindung angehören. Beide Salze wurden durch wiederholte fractionirte Krystallisation gereiniget und die darin enthaltenen Säuren durch Zusatz von Salzsäure isolirt.

Beide liessen sich aus Weingeist umkrystallisiren und ihre Analyse ergab, dass die erstere Nitrodijodphenol, die zweite die gesuchte Nitrojodsalicylsäure sei.

Die Einwirkung des Jodes auf Nitrosalicylsäure ist also auch hier eine zum Theil zersetzende.

Nitrodijodphenol bildet weiche, wollige, schön kanariengelbe Nadeln, fast gar nicht im Wasser, leicht in Alkohol löslich; auf Zusatz von Pottaschelösung wird die Verbindnng sofort schön roth. Die Verbindung muss als Paranitrodijodphenol bezeichnet werden, weil, wie ich mich überzeugt habe, sie identisch mit derjenigen ist, welche durch directe Jodirung des Paranitrophenols erhalten wird.

$C_6H_2J_2(NO_2)O$	Gefunden:
$J = 64 \cdot 9$	64·3.

Das schon genannte sehr hübsche, rothe, grünschillernde Kalisalz enthält bei 120° C. getrocknet:

$C_6H_2KJ_2(NO_2)O$	Gefunden:
$J = 59 \cdot 2$	58·6
$K = 9 \cdot 0$	9·2.

Die **Nitrojodsalicylsäure** erscheint in sattgelben, feinen, weichen Nadeln von ähnlichen Lösungsverhältnissen wie die vorhergehende Verbindung. Man krystallisirt sie am besten aus Weingeist um, nachdem man der Lösung Wasser bis zur anfangenden Trübung zugesetzt hat.

$C_7H_4J(NO_2)O_2$	Gefunden:
$J = 41 \cdot 1$	41·4.

Kaliumsalz (Neutrales). Entsteht durch Absättigen der Säure mit kohlensaurem Kali im Überschuss und Ausziehen der trockenen Salzmasse mit heissem Weingeist von 80 Percent, woraus das Salz beim Abkühlen in hübschen kleinen, orangrothen Nadeln anschiesst.

$C_7H_3K_2J(NO_2)O_3, 3H_2O$		Gefunden:
$K = 17{\cdot}7$	. . . .	17·2
$H_2O = 12{\cdot}3$	. . . .	12·6.

Saures Salz bildet sich aus dem Vorigen, wenn man 1 Molecül derselben mit einem Molecül Essigsäure verreibt und dann aus Wasser umkrystallisirt. Es ist etwas schwerer löslich als das neutrale und erscheint in oranggelben kleinen Krystallwarzen.

$C_7H_3KJ(NO_2)O_3, 2H_2O$		Gefunden:
$K = 10{\cdot}1$	. . . .	9·7
$H_2O = 9{\cdot}8$	. . . .	10·2

Baryumsalz. Die beiden Kaliumsalze setzen sich mit Chlorbaryum leicht in die entsprechenden Baryumverbindungen um, und bilden im Äussern von einander nicht sehr verschiedene, fast mennigrothe Nadeln.

$C_7H_3baJ(NO_2)O_3, 3H_2O$		Gefunden:
$ba = 15{\cdot}8$	. . . .	15·6
$H_2O = 12{\cdot}5$	. . . .	13·2.

Nitrojodoxybenzoësäure.

Zum Versuche diente die nach Gerland's Methode[1] dargestellte Nitrooxybenzoësäure.

Das daraus erhaltene Jodproduct erschien in hübschen citronengelben jodoformartigen Kryställchen, ist in Wasser schwer, in heissem Weingeist leicht löslich.

$C_7H_4J(NO_2)O_3$		Gefunden:
$J = 41{\cdot}1$	. . . .	40·8.

[1] Annalen der Chemie. Bd. 91. S. 192.

Das Baryumsalz war erhalten durch Lösen dieser Nitrojodverbindung in Barytwasser und Behandeln der rothen Lösung mit Kohlensäure; in dem Filtrate bilden sich dunkelmorgenrothe, mikroskopische, feine Nadeln.

$C_7H_3baJ(NO_2)O_3, 3H_2O$		Gefunden:
$ba = 15{\cdot}8$	. . . .	16·1
$H_2O = 12{\cdot}5$	. . . .	11·5.

Nitrojodparaoxybenzoësäure.

Bei der Reinigung des Rohproductes, welches aus der Jodirung der Nitroparaoxybenzoësäure mit kohlensaurem Kali hervorgeht, beobachtet man die nämliche theilweise Zersetzung in Paradijodnitrophenol, welches als Kaliverbindung zuerst herauskrystallisirt, während das Kalisalz der Nitrojodparaoxybenzoësäure in Lösung bleibt, woraus dann die Säure beim Absättigen mit Salzsäure flockig krystallinisch herausfällt und aus verdünntem Weingeist leicht umkrystallisirt werden kann.

Die reine Nitrojodparaoxybenzoësäure bildet citronengelbe, leichte, wollige Nadeln.

$C_7H_4J(NO_2)O_3$		Gefunden:
$J = 41{\cdot}1$	. . . .	41·3.

Ich habe noch die zwei schönen Baryumsalze dargestellt und analysirt, welche diese Säure liefert. Das neutrale Salz mit Ätzbaryt dargestellt und aus Wasser umkrystallisirt, bildet kurze, zinnoberrothe Nadeln mit metallisch grünem Glanz; das saure Salz aus der Lösung der vorigen Verbindung durch Behandlung mit Kohlensäure, Filtriren und Eindampfen erhalten, bildet glänzende, morgenrothe, flache Nadeln und Tafeln.

$C_7H_3BaJ(NO_2)O_3, 2H_2O$		Gefunden:
$Ba = 28{\cdot}5$	. . . .	28·3
$H_2O = 7{\cdot}5$	. . . .	8·1

$C_7H_3baJ(NO_2)O_3, 2H_2O$		
$ba = 16{\cdot}6$	. . . .	16·8
$H_2O = 8{\cdot}7$	. . .	9·2.

Orthonitrodijodphenol.

Das Orthonitrophenol ist bekanntlich die nicht flüchtige Modification von den beiden Nitrophenolen; es lässt sich besonders leicht in ein Dijodproduct umwandeln, welches nach der Reinigung aus schwefelgelben kurzen Nädelchen besteht, die sich bei langem Stehen am Licht etwas dunkel färben.

Unlöslich in Wasser, am besten aus verdünntem Weingeist umzukrystallisiren.

$\underbrace{C_6H_3J_2(NO_2)O}_{J=64\cdot9}$	. . . .	Gefunden: 64·5.

Die Kaliumverbindung bildet hübsche feine Nadeln, im Äussern dem krokonsauren Kali sehr ähnlich. Die bei 130° C. getrocknete Substanz gab:

$\underbrace{C_6H_2KJ_2(NO_2)O}_{K=9\cdot0}$	. . . .	8·7.

Mit der Beschreibung des Dinitrojodphenols (vom Schmelzpunkte 108° C.), welches ich noch dargestellt hatte, ist mir Dr. Armstrong zuvorgekommen[1].

Die Verbindung gibt ein sehr schönes, in flachen Nadeln anschliessendes Barytsalz von der Farbe des Kalium bichromates.

Ich hatte auch die jodirten Resorcine dargestellt, welche inzwischen Stenhouse[2] so genau beschrieben hat.

Vom Nitrodijodresorcin nur kann ich noch anführen, dass es eine sehr schöne in goldgelben glänzenden Nadeln auftretende Verbindung ist, welche sich leicht durch Jodiren des von mir beschriebenen Nitroresorcins[3] erhalten lässt.

Es löst sich im Wasser fast gar nicht und wird am besten aus heissem verdünntem Weingeist umkrystallisirt.

$\underbrace{C_6H_3J_2(NO_2)O_2}_{J=62\cdot4}$	. . . .	Gefunden: 61·6.

---

[1] Berichte der deutschen chem. Gesellschaft. 1873. S. 76.

[2] Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft. 1872. S. 1062.

[3] Annalen der Chemie. Bd. 164. S. 1.

Ich besitze noch eine Anzahl jodirter krystallisirter Producte von mehreren derjenigen Verbindungen, die Eingangs als substitutionsfähig aufgeführt sind. Ich möchte jedoch die vorliegende, schon seit geraumer Zeit angekündigte Mittheilung nicht länger verzögern, und werde daher in einem Nachtrag berichten, was ich bis jetzt aus Mangel an Zeit noch nicht für die Veröffentlichung vorbereiten konnte.

Wien, Mai 1874.

Über die Construction der Linien zweiter Ordnung, welche zwei, drei oder vier Linien derselben Ordnung berühren.

Von **R. Niemtschik,**
Professor an der k. k. technischen Hochschule in Wien.

(Mit 1 Tafel.)

l, l_1, l_2 und l_x, l_y .. seien der Linie λ eingeschriebene Linien zweiter Ordnung, deren eine l, oder zwei l, l_1, oder drei l, l_1, l_2 auch von jenen l_x, l_y .. berührt werden.

Die ersten drei und λ seien gegeben, die andern l_x, l_y .. seien zu construiren, und zwar:

1. wenn die l_x ..., welche eine Linie l berühren, Kreise sind, oder wenn sie durch zwei Puncte a, b, oder durch eine Tangente t und deren Berührungspunct a, oder durch einen Punct a und eine Tangente t, oder durch zwei Tangenten t, t_1 gegeben sind;

2. wenn die l_x ..., welche zwei Linien l, l_1 berühren, durch einen Punct a, oder durch eine Tangente t gegeben sind;

3. wenn die l_x ... die drei Linien l, l_1, l_2 berühren.

Diese Aufgaben, deren Lösung meines Wissens bis jetzt nicht bekannt ist, werden hier und zwar im Allgemeinen unter den in der Abhandlung: „Über die Construction der einander eingeschriebenen Linien zweiter Ordnung“ [1] bezeichneten Gesichtspuncten gelöst.

Zu dem Behufe betrachten wir λ als einen in der horizontalen Projectionsebene gelegenen Hauptschnitt oder Meridian, oder auch als Umriss der Fläche zweiter Ordnung F, die Linien l .. l_x als horizontale Projectionen der ebenen Schnitte L, $\overline{L}$ ... L_x, $\overline{L_x}$, ferner a, b .. als Projectionen der Puncte A, $\overline{A}$, B, $\overline{B}$ .. sowie t, t_1 als jene der Tangenten T, $\overline{T}$, T_1, $\overline{T_1}$ .. oder der verticalen Schnitte $[T]$, $[T_1]$ der Fläche F.

[1] Sitzb. II. Abth., März-November-December-Heft. 1873.

Dadurch werden die genannten planimetrischen Aufgaben in solche der darstellenden Geometrie umgewandelt, bei welchen es sich darum handelt, eine Ebene E unter den nachstehenden Bedingungen zu legen und die horizontale Projection des Durchschnittes derselben mit der Fläche F zu construiren, nämlich:

4. in den unter 1. angeführten Fällen: Die Ebene E berührt die Linie L und ist parallel zu einer Ebene, welche F nach einer Ellipse schneidet, deren horizontale Projection ein der λ eingeschriebener Kreis von beliebigem Halbmesser ist. Die Ebene E berührt die Linie L und enthält die Puncte A, B oder den Punct A und berührt auch den Verticalschnitt $[T]$, oder E berührt die Verticalschnitte $[T]$, $[T_1]$;

5. in den unter 2. angeführten Fällen: Die Ebene E berührt die Linien L, L_1 und enthält den Punct A, oder sie berührt auch den Verticalschnitt $[T]$;

6. in dem unter 3. angeführten Falle berührt die Ebene E die drei Linien L, L_1, L_2.

Um alle möglichen Linien $l_x \ldots$ zu finden, sind auch die andern Lagen der Ebene E, welche nämlich vermittelst der auf der nicht sichtbaren Hälfte der Fläche gelegenen Puncte $\overline{A}$, $\overline{B}$, der Tangenten $\overline{T}$, $\overline{T_1}$ und Linien $\overline{L}$, $\overline{L_1}$, $\overline{L_2}$ bestimmt sind, in Betracht zu ziehen.

Je zwei der sich ergebenden Ebenen, wie z. B. E, $\overline{E}$, liegen hinsichtlich der horizontalen Projectionsebene symmetrisch und liefern daher eine und dieselbe Linie l_x. Es ist selbstverständlich, dass eine Linie l_x überhaupt nur dann erhalten wird, wenn die betreffende Ebene der L_x die Linie λ schneidet.

Der Behandlung der speciellen Fälle schicken wir noch die allgemeine Besprechung der erstgenannten Aufgabe voraus.

t_z sei die Tangente in dem gesuchten Berührungspuncte z der Linie l und des Kreises l_z.

In diesem Falle ist es vortheilhaft, λ als den in der horizontalen Projectionsebene befindlichen Meridian, l und l_z als horizontale Projectionen der in dem Puncte Z sich berührenden Linien L und L_z der Rotationsfläche F zu betrachten.

Hiernach ergibt sich t_z als horizontale Projection der Tangente T_z in dem Berührungspunkte Z der Linien L und ^zL,

welche Tangente also auch die Durchschnittslinie der Ebenen der L und L_z ist.

Wird der Linie λ ein Kreis k von beliebigem Halbmesser eingeschrieben, so kann derselbe auch als horizontale Projection einer der Fläche F angehörigen Ellipse K, deren Ebene parallel zu jener der L_z ist, angenommen werden.

Da die Ebenen L und K vollständig bestimmt sind, so lässt sich auch ihre Durchschnittslinie D, beziehungsweise deren horizontale Projection d darstellen.

Nun ist $T_z \| D$, folglich auch $t_z \| d$.

Zieht man also die zu d parallelen Tangenten der Linie l und durch deren Berührungspuncte z, z_1 die Normalen zo, $z_1 o_1$, bis sie die betreffende Axe der λ in den Puncten o, o_1 schneiden, so sind o, o_1 die Mittelpuncte und oz, $o_1 z_1$ die Halbmesser der gesuchten Kreise, wenn letztere der obgenannten Annahme entsprechen, wenn sie nämlich die Projectionen zweier Ellipsen der Fläche F darstellen, deren Ebenen zu jener der K parallel sind und die λ schneiden.

In dem Falle, wenn λ von der zu K parallelen Ebene berührt wird, ist der eingeschriebene Kreis zugleich ein Krümmungskreis der λ.

Wenn eine der Normalen, z. B. oz und die betreffende Axe der λ sich unter einem sehr kleinen Winkel schneiden oder sich decken, kann der Mittelpunct jenes Kreises als horizontale Projection des Mittelpunctes O des Durchschnittes der Fläche F mit der Ebene, welche parallel zu der Ebene K durch die Tangente T_z gelegt ist, bestimmt werden.

In ähnlicher Weise sind vermittelst der horizontalen Projection d_1 der Durchschnittslinie D_1 der Ebenen L, $\bar{K}$ oder $\bar{L}$, K die Mittelpuncte o_2, o_3 und die Halbmesser $o_2 z_2$, $o_3 z_3$ der Kreise $o_2 x_2 z_2$ und $o_3 x_3 z_3$ zu finden.

Weil die Tangenten in den Berührungspuncten der Linie l mit den gesuchten Kreisen entweder zu d oder d_1 parallel sind, so folgt daraus, dass in jedem Falle, wenn l eine Ellipse oder Hyperbel ist, höchstens vier Kreise, und wenn l eine Parabel darstellt, höchstens zwei Kreise möglich sind.

Kreise, welche λ in nur einem Puncte berühren, kommen selbstverständlich hier nicht in Betracht.

Nun wollen wir einige der wichtigeren Fälle unter bestimmten Angaben, und zwar wenn λ eine Ellipse ist, lösen.

Um Wiederholungen zu vermeiden und eine Übersicht der bezüglichen Constructionen zu erhalten, soll nur von der Darstellung einer der gesuchten Linien (ausgenommen Fig. 1) ausführlicher die Rede sein.

2.

Die Ellipse $abcd$ und $efgi$, Fig. 1, berühren sich in den Puncten g, i. Es sollen der $abcd$ die Kreise $oxy..$ eingeschrieben werden, welche auch die $efgi$ berühren.

Wir beschreiben aus dem Mittelpuncte m der Ellipse $abcd$ den Kreis $cdln$, welcher ab in den Puncten l, n schneidet und betrachten ihn sowie die $efgi$ als horizontale Projectionen der Ellipsen $cdLN$ und $EFgi$ des durch Drehung der $abcd$ um ab erzeugt gedachten Ellipsoides $Fabcd$. — ab sei zugleich die Projectionsaxe.

gi, cm sind beziehungsweise die Horizontal- und $e'f$, $l'mn'$ die Verticaltracen der Ebenen $EFgi$ und $cdLN$, daher ist vh die horizontale Projection der Durchschnittslinie der genannten Ebenen.

Nun ziehen wir parallel zu vh die Tangenten tz, $t_1 z_1$ sowie die Normalen zo, $z_1 o_1$ an die Ellipse $efgi$ und beschreiben aus o den Kreis $ozxy$, welcher $abcd$ in den Puncten x, y berührt. Der Kreis, dessen Mittelpunct o_1 und dessen Halbmesser $o_1 z_1$ ist, kann der $abcd$ nicht eingeschrieben sein, weil $o_1 b$ kleiner als der Krümmungshalbmesser des Scheitels b ist.

Dann bestimmen wir die Verticaltrace der zweiten Ebene cdL_1, in welcher die Ellipse cdL_1N_1 liegt, deren horizontale Projection auch der Kreis $cdln$ ist und die horizontale Projection hv_1 der Durchschnittslinie der Ebenen $EFgi$ und cdL_1N_1, ziehen die zu hv_1 parallelen Tangenten t_2z_2, t_3z_3 sowie die Normalen z_2o_2, z_3o_3 der Ellipse $efgi$ und beschreiben aus o_2, o_3 die Kreise $o_2x_2z_2$ und $o_3x_3z_3$, welche $abcd$ in den Puncten x_2, y_2, x_3, y_3 berühren. In der Fig. 1 ist der letzte Kreis nicht gezeichnet.

3.

Es soll eine Ellipse xyz, Fig. 2, gezeichnet werden, welche $abcd$ in den gegebenen Puncten x, y und die giz in dem noch zu bestimmenden Puncte z berührt.

Aus dem Umstande, dass die Tangente zh, welche den Ellipsen giz und xyz gemeinschaftlich ist, als horizontale Projection der Durchschnittslinie Zh der Ebenen Zgi und Zxy betrachtet werden kann, folgt, dass ihr auch der Durchschnittspunct h der Tracen gi und xy angehört. Daher kann hz als Tangente der Ellipse giz gezogen und der Berührungspunct z bestimmt werden.

Manchmal ist es zweckmässig, z als Projection des Berührungspunctes Z der Tangente Zh des Ellipsoides darzustellen, indem man den Durchschnitt des Ellipsoides mit der projicirenden Ebene Zzh als Kreis annimmt, diesen um die Gerade hz in die Zeichnungsfläche legt, an den umgelegten Kreis die Tangente $h(z)$ und durch deren Berührungspunct (z) die Gerade $(z)z \perp hz$ zieht.

Die weitere Ausführung ist bekannt.

4.

Es soll eine Ellipse xyz, Fig. 2, construirt werden, welche die Linien $abcd$ und giz berührt und in deren Peripherie die gegebenen Puncte p, r enthalten sind.

Die Ellipse xyz bestimmen wir als horizontale Projection des Schnittes Zxy des Ellipsoides $Pabcd$ mit der Ebene $P\bar{R}Z$, welche die Gerade $P\bar{R}$ enthält und die Ellipse giZ berührt.

Am einfachsten gestaltet sich die Lösung, wenn angenommen wird, dass die Schnitte des Ellipsoides mit zur Zeichnungsfläche senkrechten und zur Geraden $P\bar{R}$ parallelen Ebenen Kreise sind.

Die Ebene Zgi wird von der Geraden $P\bar{R}$ in dem Puncte L und von der Ebene Zxy in der Geraden LZ geschnitten, welche letztere die Ellipsen giZ und Zxy in dem Puncte Z berührt. Die horizontale Projection lz der LZ berührt also wieder die Ellipsen zgi und xyz in dem Puncte z.

Die Verticalebene $P\bar{R}p$ schneidet das Ellipsoid in dem Kreise uPv und die Ebene giZ in der Geraden $\bar{E}F$. Die Geraden $P\bar{R}$ und $\bar{E}F$ treffen sich in dem Puncte L.

Um die Projection l des Punctes L zu finden, legen wir den Kreis uPv nach $u\pi v$, die Geraden $\bar{E}F$, $P\bar{R}L$ nach $\varepsilon\varphi$, $\pi\rho\lambda$ und drehen den Durchschnittspunct λ der $\varepsilon\varphi$, $\pi\rho$ wieder in die Gerade $P\bar{R}$.

$e\varepsilon \| f\varphi \| p\pi_1 r\rho \perp uv$; $n\varepsilon = n\varphi = n\pi = nu = nv$. $\lambda l \perp uv$.

Die Geraden pr und $\pi\rho$ schneiden sich in dem Puncte h_2, in welchem $P\bar{R}$ die Zeichnungsfläche trifft. Die Tangente lz der Ellipse giz und die Trace gi treffen sich aber in dem Puncte h. Hiernach ist die Trace xy durch die Puncte h, h_2 zu ziehen.

Die Tangente pt, welche die Ellipse xyz in dem Puncte p berührt, kann entweder vermittelst der Puncte z, y und der zugehörigen Tangenten oder auch als Projection der Durchschnittslinie Pt der Ebene $Z.xy$ mit der Ebene Pss_1, welche letztere das Ellipsoid in dem Puncte P berührt, bestimmt werden. Die Trace ss_1 der Ebene Pss_1 ist die geradlinige Verbindung der Scheitel s, s_1 zweier Kegelflächen, welche das Ellipsoid in Linien berühren, deren Ebenen senkrecht zur Zeichnungsfläche durch den Punct P gelegt sind. ss_1 ist also der geometrische Ort der Scheitel aller solchen Kegelflächen, — die Polare des Punctes p der Ellipse $abcd$.

Die Puncte h_1, h_2 und l können auch auf folgende Weise gefunden werden:

Durch die Linien $abcd$ und Puv sind zwei Kegelflächen bestimmt, deren Horizontal-Umrisse die Tangenten us, vs an $abcd$ darstellen. Daher kann $abcd$ als das Bild der aus dem Scheitel S des einen oder des andern Kegels projicirten Puv betrachtet werden.

Wird der über der Ebene abc gelegene Scheitel S als Projectionscentrum benützt, so ergibt sich die centrale Projection eines jeden Punctes der Puv in dem Bogen ucv oder in jenem udv, je nachdem der projicirte Punct über oder unter der Ebene abc liegt.

Nehmen wir P über und $\bar{R}$ unter der Ebene abc an, so erhalten wir die centralen Projectionen π_2, ρ_1 als Durchschnittspuncte der Strahlen sp und sr beziehungsweise mit ucv und udv. Da $\pi_2\rho_1$ die centrale Projection der Geraden $P\bar{R}$ ist, so muss sie pr in in dem Puncte h_2 schneiden.

Ebenso erhalten wir $\varphi_2\varepsilon_1$ als centrale Projection der Geraden $\overline{EF}$ und im Durchschnitte derselben mit ef den Punct h_1.

Der Durchschnittspunct λ_2 der Geraden $\pi_2\rho_1$ und $\rho_2\varepsilon_1$ ist aber die centrale Projection des Punctes L und deshalb ergibt sich l wieder als Durchschnittspunct der Geraden pr und $s\lambda_2$. Wenn pr die Ellipse ige nicht schneidet, lege man durch $P\overline{R}$ und einen Punct K der igE eine Ebene und ziehe deren Durchschnittslinie h_4K mit der Ebene igE, bis sie PR in L trifft. h_3 ist der Durchschnittspunct der Geraden PK mit der Zeichnungsfläche und h_4 jener der Trace h_2h_3 mit ig.

5.

In Fig. 3 sei die der $abcd$ einzuschreibende Ellipse pxy, welche auch die gif berührt, durch eine Tangente uv und deren Berührungspunct p gegeben.

In diesem Falle ist anzunehmen, dass die Ebenen eines Systems von Kreisen des Ellipsoides $Pabcd$ parallel zu der Tangente uv und senkrecht zur Zeichnungsfläche sind. ph_2 ist als horizontale Projection der Tangente Ph_2 des Kreises uPv zu betrachten.

Die Ellipse pxy ergibt sich als horizontale Projection des Schnittes Pxy des Ellipsoides mit einer Ebene, welche durch die Gerade Zh berührend an die Ellipse giF gelegt ist.

Der weitere Vorgang ist nun jenem ähnlich, der in dem Artikel 4 angegeben wurde. Die Gerade PL ist dort durch die Puncte $P, \overline{R}$, hier aber durch den Berührungspunct P gegeben; deshalb ist $\pi\lambda$ in Fig. 3 als Tangente des Kreises $u\pi v$ zu ziehen. Nach der zweiten Methode ist die centrale Projection der Tangente Ph_2 die Tangente π_2h_2 (oder π_1h_2) an $abcd$.

6.

Die der $abcd$, Fig. 4, einzuschreibende Ellipse xyz, welche auch die gie berühren soll, sei durch den Punct p der Peripherie und die Tangente uv bestimmt.

Die Ebene Zxy enthält den Punct P und berührt die Ellipsen gie und Z_1uv.

Hier kommt es darauf an, an die Kegelfläche, deren Leitlinien die Ellipsen giE und Z_1uv sind, durch den Punct P eine berührende Ebene Zxy zu legen, und die horizontale Projection des Durchschnittes dieser Ebene mit dem Ellipsoide $Pabcd$ darzustellen.

Die Tangenten uf, ve der Ellipse gie sind die Horizontalumrisse, und ihr Durchschnittspunct s ist die horizontale Projection des Scheitels S der bezeichneten Kegelfläche. e,f sind die Berührungspuncte der genannten Tangenten.

Die Ebene giE wird von der Geraden PS in dem Puncte L und von der Ebene Zxy in der Geraden ZL geschnitten, welche letztere wieder die Ellipsen giE und Zxy in dem Puncte Z berührt. Daher berührt auch die horizontale Projection lz der Geraden LZ die Ellipsen gie und xyz in dem Puncte z.

Um den Punct L zu erhalten, legen wir durch P und eine Erzeugende des Kegels $SuvEF$, etwa durch uf, eine Ebene und ziehen die Durchschnittslinie h_1F dieser Ebene mit der giE, bis sie die Gerade SP in L trifft.

Die Trace uh_1 der Ebene Puf ist durch den Punct u und den Schnittpunct h_3 der Geraden PF mit der Zeichnungsfläche bestimmt. h_3 kann auf eine der im Artikel 4 angegebenen Constructionsarten des Durchschnittspunctes h_2 der Geraden $P\bar{R}$ mit der Zeichnungsfläche gefunden werden. uh_1 schneidet gi in h_1 und ps in h_2.

Die Projection l des Punctes L ergibt sich also im Durchschnitte der Geraden hf und ps. Die Tangente lz berührt gie in dem Puncte z und schneidet gi in dem Puncte h.

hh_2 ist die Trace der Ebene $Zxy.zsz_1$ ist aber die horizontale Projection der Geraden $ZS\bar{Z}_1$, in welcher die Ebene Zxy die Kegelfläche $SuvE$ berührt; folglich ist auch z_1 der Berührungspunct der uv mit der Ellipse exy.

Dass der Durchschnittspunct der Diagonalen uv_1, u_1v des Viereckes uvu_1v_1 der Trace hh_1 angehört, ist bekannt. u_1, v_1 bezeichnen die Durchschnittspuncte der Tangente lzh mit der Ellipse $abcd$.

7.

Die der *abcd*, Fig. 5, einzuschreibende Ellipse *xyz*, welche auch die *gie* berühren soll, sei durch die zwei Tangenten *pq* und *uv* bestimmt.

Die Ellipse xyz ergibt sich einfach als horizontale Projection des Schnittes des Ellipsoides $Zabcd$ mit der Ebene Zxy, welche die Ellipsen Z_1pq, Z_2uv sowie Zgi und zwar die ersten zwei auf verschiedenen Seiten berührt.

Zxy ist also eine Berührungsebene der beiden Kegelflächen sZ_2pquv und S_1Z_2uvgi, deren Scheitel die Schnittpuncte s, S_1 der Geraden pv, qu und uE, vF darstellen.

Die horizontalen Projectionen ue, vf der Geraden uE, vF sind Tangenten der Ellipse giz und zugleich die Horizontal-Umrisse des Kegels uvS_1gi; ihr Durchschnittspunct s_1 ist die horizontale Projection des Scheitels S_1. Der Scheitel s liegt in der Zeichnungsfläche und ist also ein Punct der Trace xy.

Bezeichnet L den Durchschnittspunct der Geraden sS_1 mit der Ebene giE und Z den Berührungspunct der Ebene Zxy mit der Ellipse giE, so ist LZ die Durchschnittslinie der Ebenen Zxy und giE. Daher ist Z der Berührungspunct und LZ die gemeinschaftliche Tangente der Ellipsen giE und Zxy.

Zum Behufe der Bestimmung des Punctes L lege man durch die Gerade sS_1 und eine Erzeugende des Kegels S_1EFuv, etwa durch ES_1u, eine Ebene, deren Trace also usw ist und ziehe die Durchschnittslinie wEL dieser und der Ebene giE, bis sie sS_1 in L trifft. Die Projection l des Punctes L ergibt sich dann einfach im Durchschnitte der Geraden we und ss_1. Nun kann die Tangente lz gezogen und ihr Berührungspunct z ermittelt werden.

Da lz die qi in h trifft, so ist h der Durchschnittspunct der Tangente LZ mit der Zeichnungsfläche und folglich ist hs die Trace der Ebene Zxy.

zs_1z_2 und z_2sz_1 sind die Projectionen der Geraden ZS_1Z_2 und Z_2sZ_1, in welchen die Kegelflächen S_1EFur und SZ_1pu von der Ebene Zxy berührt werden.

Hiernach sind x, y, z, z_1, z_2 die Berührungspuncte der gesuchten Ellipse beziehungsweise mit den Ellipsen $abcd$, gie und den Geraden pq, ur.

8.

Die Ellipsen *gief* und *jkef*, Fig. 6, berühren die *abcd* beziehungsweise in den Puncten *g,i,j,k*. Es soll der *abcd* eine Ellipse *pxy* eingeschrieben werden, welche den gegebenen Punct *p* in der Peripherie enthält und die beiden Linien *igf*, *jkf* berührt.

Wir betrachten *gif* und *jkf* als horizontale Projectionen der ebenen Linien *giF* und *jkF* des Ellipsoides *Pabcd* sowie *pxy* als horizontale Projection des Schnittes *Pxy* desselben Ellipsoides mit einer Ebene, welche berührend an die Ellipsen *giF* und *jkF* durch den Punct *P* gelegt ist.

Letztere berührt also eine der Kegelflächen, welche durch die Ellipsen *giF* und *jkF* bestimmt sind, in unserem Beispiele jene, deren Horizontalumrisse die Tangenten 8 VIII, 9 IX der genannten Ellipsen bilden. Die Ebene *Pxy* enthält die Gerade *PS;* diese schneidet die Ebene *giF* und *jkF* beziehungsweise in den Puncten *L*, L_1. Es ergeben sich als Durchschnitte der Ebene *Pxy* mit den Ebenen *giF* und *jkF* die den Berührungspuncten *Z*, Z_1 der Ellipsen *Pxy*, *giF* und *Pxy*, *jkF* entsprechenden Tangenten *LT*, L_1T und ihre horizontalen Projectionen als die Tangenten h_1lt, h_2l_1t der Ellipsen *pxy*, *gif* und *pxy*, *jkf*.

Weil $\overline{EF}$ die Durchschnittslinie der Ebenen *giF*, *jkF* und *ef* die Projection der $\overline{EF}$ ist, so treffen sich *LT*, L_1T in einem Puncte *T* der $\overline{EF}$ und *lt*, l_1t in einem Punkte t der *ef*.

Hiernach hat man nur einen der Puncte *l*, l_1, etwa *l* in ähnlicher Weise wie in den früheren Fällen aufzusuchen, die Tangente *lzt* der Ellipse *gif* sowie jene tz_1 der Ellipse *jkf* zu ziehen und die Berührungspuncte *z*, z_1 derselben zu bestimmen.

Dann kann die Trace *xy* durch die Puncte h_1, h_2, in welchen die Geraden *gi*, *tl* und *kj*, tl_1 sich schneiden, gezogen werden. Weil aber die Puncte *z*, z_1 in einer Geraden der Kegelfläche *Sgkif* liegen, in welcher nämlich diese von der Ebene *Pxy* berührt wird, so lässt sich z_1 auch als Durchschnittspunct der Geraden *Sz* mit der Ellipse *kjf* darstellen.

Die Puncte *L*, L_1 lassen sich auch auf folgende Weise finden. Man lege durch den Punct *P* und durch die Gerade VI VII des

Kegels $SgkEF$, welche die Ellipse giE in dem Puncte VI und jene jkF in dem Puncte VII schneidet, eine Ebene, bestimme ihre Trace hh_1 vermittelst der Durchschnittspuncte h, h_1 der Geraden PVI, PVII mit der Zeichnungsfläche und ziehe dann ihre Durchschnitte (6) VI und (7) VII mit den Ebenen giE und jkE bis sie PS in L und L_1 treffen. (6), (7) bezeichnen die Durchschnittspuncte der Trace hh_1 beziehungsweise mit gi und jk sowie 6, 7 die Projectionen der Puncte VI, VII.

Hiernach sind l, l_1 die Durchschnitte der Geraden ps mit (6) 6 und (7) 7.

9.

In Fig. 6 soll der $abcd$ eine Ellipse zxy eingeschrieben werden, welche die beiden Ellipsen gie und ejk, sowie auch die gegebene Gerade uv berührt.

Die Ebene Zxy berührt die zwei Kegelflächen $giEuv$ und $jkEuv$, deren Leitlinien giE, Ejk und der Verticalschnitt Z_2uv sind.

Die Tangenten $u1$, $v2$ der gie und jene $u3$, $v4$ der ejk stellen die Horizontalumrisse der Kegelflächen dar; sie schneiden sich in den Puncten s_1, s_2, welche die horizontalen Projectionen der Kegelscheitel S_1, S_2 sind.

Die Gerade S_1S_2 trifft die Ebenen giE und jkE beziehungsweise in den Puncten L_2 und L_3; der erstere der Puncte gehört auch der Tangente TZ der Ellipsen giE, Zxy, der letztere aber auch der Tangente TZ_1 der Ellipsen Ejk, Zxy an.

In vorliegendem Falle können die Puncte L_2, L_3 dadurch bestimmt werden, dass man durch die Puncte S, S_1 und E (oder F) eine Ebene legt und deren Durchschnitt mit den Ebenen igE und jkE zieht, welche SS_1 in L_2 und L_3 treffen. Diese Ebene enthält die Kanten ES_1N, NS_2O, ES_2R und RS_1W, daher schneidet sie die Ebene jkE in den Geraden EW und die Ebene giE in der Geraden EO.

SS_1 trifft EW in L_3 und EO in L_2.

In der Fig. 6 hat man also, um l_2 und l_3 zu finden, nur die Geraden es_1n, ns_2o, es_2r, rs_1w zu ziehen und ss_1 mit eo in l_2 sowie mit ew in l_3 zu schneiden.

Die Geraden zs_2, z_1s_1 sind Projectionen der Kanten ZS_2, Z_1S_1, in welchen die Kegelflächen S_1jkE und S_2gikE von der Ebene Zxy berührt werden; folglich schneiden sie sich in dem Berührungspuncte z_2 der Tangente ur.

Dass die Puncte S, S_1, S_2 in einer Geraden liegen, geht aus der folgenden Betrachtung hervor.

An die zwei Kegelflächen, die eine Leitlinie gemeinschaftlich haben und deren Scheitel S, S_1 sind, können durch SS_1 zwei berührende Ebenen gelegt werden, welche also auch die dritte Kegelfläche, deren eine Leitlinie dem ersten und die andere dem zweiten Kegel angehört, und zwar nach den Geraden gS_2 und g_1S_2 berühren. Da gS_2 und SS_1 in einer und g_1S_2, SS_1 in der andern Berührungsebene enthalten sind, so muss also S_2 in der Durchschnittslinie SS_1 der beiden Berührungsebenen liegen.

Wenn beide Puncte l, l_1 ausserhalb der Zeichnungsfläche liegen, oder wenn sie nicht genau zu erhalten sind, so kann man die Puncte z, z_1 dadurch bestimmen, dass man die Durchschnittslinie der Kegelfläche Sef mit einer durch den Punct P senkrecht zur Zeichnungsfläche gelegten Ebene darstellt, an diese die entsprechende Tangente und durch den Berührungspunct und den Scheitel die Gerade zz_1S zieht.

10.

Der $abcd$, Fig. 6, soll eine Ellipse xyz eingeschrieben werden, welche die drei Ellipsen gie, ejk und rwz berührt.

Die Ellipse xyz ist die horizontale Projection des Durchschnittes xyZ des Ellipsoides $Zabcd$ mit einer berührenden Ebene der zwei Kegelflächen, deren Leitlinien die Ellipsen giE, Ejk und rwZ sind.

Die vorliegende Aufgabe unterscheidet sich also von der im Art. 9 behandelten nur dadurch, dass bei dieser die Ebenen der drei Leitlinien gegen die Zeichnungsfläche geneigt sind, während bei jener eine der Leitlinien, nämlich Z_2ur senkrecht zur Zeichnungsfläche ist.

Um die betreffenden Schnittpuncte L_4, L_5 der durch die Scheitel S_4, S_5 der Kegelflächen $rwZgiE$ und $rwZEjk$

gezogenen Geraden zu erhalten, hat man eine Ebene durch zwei in einem Puncte z. B. V der rwZ sich schneidende Kanten VS_4VI und VS_5VII zu legen und ihre Durchschnitte mit den Ebenen yiE und jkE zu ziehen, bis sie S_4S_5 in L_4 und L_5 treffen. Der weitere Vorgang ist bekannt.

11.

Ist die umschriebene Linie abc eine Parabel oder eine Hyperbel, so können ausser den der abc eingeschriebenen Ellipsen im ersten Falle auch Parabeln und im zweiten Falle auch Parabeln und Hyperbeln in Betracht kommen. Die verschiedenen Fälle, welche aus der Combination der drei Arten eingeschriebener Curven gebildet werden können, lassen sich aber sämmtlich in ähnlicher Weise, wie die im Vorstehenden erörterten, lösen.

12.

Hierher gehören auch jene Fälle, wenn die umschriebenen Linien parallele oder sich schneidende Gerade sind, wenn nämlich die gesuchten Linien einen, oder zwei, oder drei gegebene Kegelschnitte und zugleich zwei Tangenten derselben berühren.

Denken wir uns etwa die Axe einer umschriebenen Ellipse unendlich gross, oder die Axen einer umschriebenen Hyperbel unendlich klein, so ergeben sich beziehungsweise zwei parallele oder zwei sich schneidende Gerade λ_1, λ_2, welche die Linien $l \ldots l_x$ berühren.

In solchen Fällen sind die eingeschriebenen Linien $l \ldots l_x$ als Projectionen der ebenen Schnitte $L \ldots L_x$ von Cylinder- oder Kegelflächen, deren Contouren die Geraden λ_1, λ_2 darstellen, zu betrachten.

13.

Die Fig. 7 betrifft die Construction eines Kreises xyz, welcher die gegebene Ellipse igz und zugleich die Tangenten ix und gy derselben berührt. Diese Construction ist ein specieller Fall jener in Fig. 1.

Aus Fig. 7 ist nun leicht zu entnehmen, wie der Berührungspunct einer Ellipse und eines

Kreises, oder auch jener zwei beliebiger Kegelschnitte gefunden werden kann. Hiernach können auch die Normalen eines Kegelschnittes durch ausserhalb liegende Puncte gezogen werden.

Um etwa die den Punct o enthaltende Normale oz der Ellipse igz zu finden, beschreibe man aus o den Kreis xyz, welcher igz berührt, ziehe an xyz und igz die Tangenten ix, gy und durch deren Berührungspuncte i, x, g, y die Geraden ig und xy. Ferner ziehe man durch den Schnittpunct h der Geraden ig, xy die gemeinschaftliche Tangente hz an igz und xyz und endlich $oz \perp hz$.

Wenn h ausserhalb des Zeichnungsblattes liegt, so kann hz als horizontale Projection der Durchschnittlinie hZ der Ebenen giZ und xyZ dargestellt werden.

Legt man durch eine der Tangenten ix, gy, z. B. durch ix, eine Ebene, welche die Kegelfläche $sxyZ$ auch noch in der Kante s I II, also die Ebenen igZ und xyZ beziehungsweise in den Geraden x I und i II schneidet, so erhält man im Durchschnitte der Geraden x I, i II einen Punct T der Tangente hZ und folglich ist die Projection t von T ein Punct der Tangente hz.

Jeder Kreis k, welcher die Umrisse ix, gy berührt, kann als Projection eines zu xyZ parallelen Schnittes K der Kegelfläche $igxyZ$ betrachtet werden.

Da die Durchschnittslinien Th, III IV der Ebenen igZ, xyZ und igZ, K parallel sind, so sind auch ihre Projectionen 3 4, th parallel.

Schneiden sich die Linien igZ und K in den Puncten III und IV, so sind die Projectionen 3, 4 von III, IV Durchschnittspuncte der igx und k.

Folglich kann die Normale oz erhalten werden, wenn man einen die ix, gy berührenden Kreis o_1 3 4 beschreibt, der die Projection einer die igZ schneidenden Linie K der Kegelfläche darstellt und oz senkrecht zu der Geraden 3 4 zieht, welche die Projectionen 3, 4 der Schnittpuncte III, IV von igZ und K verbindet.

In Fig. 8 ist die gleiche Construction angewendet, wenn der Punct o innerhalb der Ellipse giz liegt und der beschriebene Berührungskreis oxy dieselbe auch schneidet.

Niemtschik. Co

Fig. 3

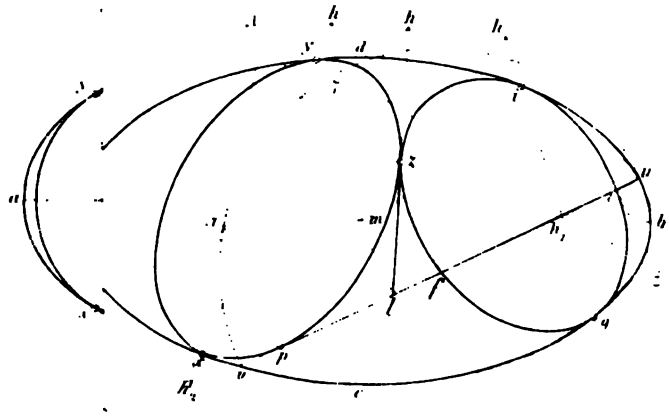
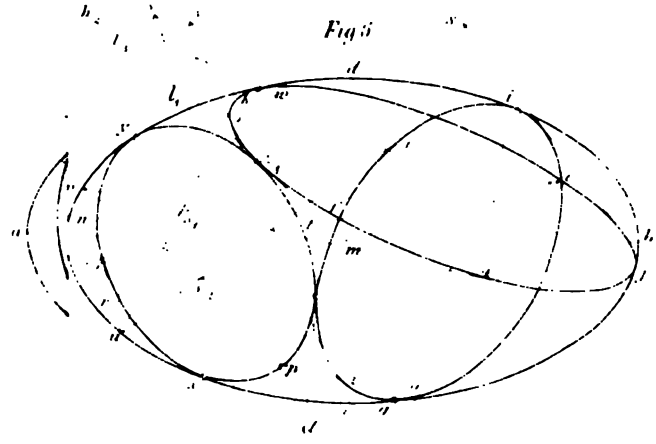


Fig. 8

Fig. 5



STANFORD LIBRARY

14.

In ähnlicher Weise lassen sich auch die Aufgaben behandeln, in welchen der Kegelschnitt λ von den gegebenen Linien l, l_1, l_2, welche auch nicht von der zweiten Ordnung sein können, nicht berührt wird, die gesuchten Kegelschnitte l_x . . . aber sowohl beziehungsweise λ, als auch l, oder l und l_1, oder l, l_1 und l_2 berühren sollen.

Jede Linie l_x ergibt sich wieder als Projection des Schnittes L_x der betreffenden Fläche zweiter Ordnung F mit einer Ebene, welche die den Projectionen l, l_1, l_2 entsprechenden Linien L, L_1, L_2 der F berührt.

Weil aber die Linien L, L_1, L_2 unter den genannten Umständen im Allgemeinen nicht eben sind, so ist in der Regel die Auflösung solcher Aufgaben nicht ohne Zeichnung von Hilfscurven möglich.

Die ausführliche Behandlung der vorher genannten Aufgaben bleibe einer spätern Gelegenheit vorbehalten.

Zur Erklärung der periodischen Änderungen der Elemente des Erdmagnetismus.

Von Dr. **J. Odstrčil**,
Gymnasial-Professor in Teschen.

(Mit 5 Holzschnitten.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 16. April 1874.)

1. Eine nach allen Richtungen frei bewegliche Magnetnadel ist in einer fortwährenden Bewegung begriffen. Diese Bewegung ist eine sehr complicirte, indem sich in derselben eine tägliche, eine jährliche, eine monatliche Periode zeigt, und ausserdem die Richtung sowohl, als die Intensität der Kraft, mit der dieselbe jedesmal in ihrer Richtung gehalten wird, im Verlaufe vieler Jahre stetig sich ändert. Ausserdem hat man in neuerer Zeit gezeigt, dass in den Bewegungen einer Magnetnadel auch eine Periode nachgewiesen werden könne, welche mit der Rotation der Sonne um ihre Axe zusammenfällt. Rechnet man noch dazu die Störungen, welche vorübergehend auftreten und deren Häufigkeit dieselbe Periode zeigt wie die Häufigkeit der Sonnenflecken, so ist es leicht einzusehen, dass die Erklärung dieser Bewegung eine schwierige sein muss.

Es ist ein Verdienst der neuen Zeit, die Regelmässigkeit und Periodicität dieser Bewegungen aus zahlreichen, in vielen Orten der Oberfläche der Erde vorgenommenen Beobachtungen erkannt zu haben. Dagegen ist eine Theorie dieser Bewegungen, welche ihre Erklärung und den Nachweis des Zusammenhanges derselben untereinander geben würde, noch nicht vorhanden.

Was nun die tägliche Variation in der Richtung und Intensität der magnetischen Kräfte, die auf die Magnetnadel wirken, anbelangt, so hat Faraday eine Erklärung derselben aus dem Diamagnetismus der Atmosphäre und seinen Veränderungen

durch die Temperatur zu geben versucht; es scheint aber diese Erklärung nicht die Billigung der Physiker gefunden zu haben. Eine andere Erklärung, welche häufiger erwähnt wird, ist die, dass die feste Erdoberfläche, je nach dem Stande der Sonne, in verschiedenen Partien verschieden stark erwärmt wird, und dass in Folge davon der Magnetismus des Erdkörpers in seinen Theilen abnimmt oder zunimmt, oder dass diese ungleiche Erwärmung der Oberfläche der Erde thermoelektrische Ströme hervorruft, die die im magnetischen Meridian befindliche Magnetnadel beeinflussen. Man sieht, dass diese Erklärungen die Sonne nicht unmittelbar, sondern mittelbar auf die Magnetnadel wirken lassen, nämlich durch die Temperaturveränderungen, welche sie während einer Umdrehung der Erde um ihre Axe hervorbringt; man könnte auch sagen, man zieht zur Erklärung der täglichen und jährlichen Variationen des Erdmagnetismus terrestrische Ursachen herbei.

2. Es liegt aber der Gedanke sicherlich nahe, wenn man findet, dass die Bewegung der Magnetnadel von der Bewegung der Sonne am Himmel abhängig ist, anzunehmen, dass die Sonne unmittelbar auf die Magnetnadel wirke, oder die Sonne selbst als einen Magnet anzusehen, der bei seiner Bewegung um die Erde die Magnetnadel nach sich ziehe.

Eine solche Annahme hat nichts Auffallendes oder Bedenkliches, da die Erfahrung, die wir über die Himmelskörper haben, uns lehrt, dass dieselben in vielen natürlichen Dingen mit unserer Erde übereinstimmen; ihre Rechtfertigung wird sie aber finden, wenn durch sie die Erscheinungen erklärt werden können, und wenn ihre sonstigen Folgerungen anderen Thatsachen nicht widersprechen.

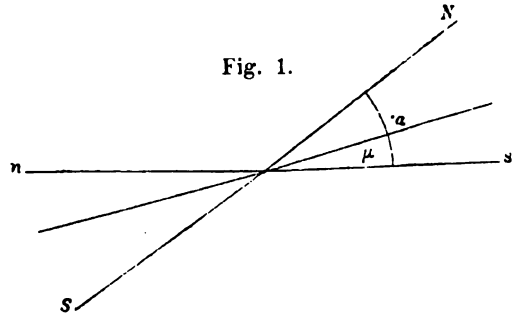
3. Wirkt nun die Sonne wie ein Magnet, so würde sie der freibeweglichen Magnetnadel, wenn diese von keinen anderen magnetischen Kräften angegriffen wäre, eine gewisse Richtung geben; derjenige Durchmesser der Sonne, welcher dieser Richtung parallel gezogen wird, möge die magnetische Axe der Sonne heissen, sie wird vielleicht mit der Rotationsaxe der Sonne einen gewissen Winkel einschliessen. Die Aufgabe, welche zu lösen wäre, ist die, zu bestimmen, wie muss die Lage der magnetischen Sonnenaxe, wie gross muss das magnetische

Moment der Sonne angenommen werden, damit die Sonne, die an der Oberfläche der Erde beobachteten Bewegungen der Magnetnadel hervorbringen könne. Wiewohl ich nun die Auflösung dieser Aufgabe nicht vorlegen kann, da die Herbeischaffung des nothwendigen literarischen Materials viel Zeit und Mühe in einer kleinen Provincialstadt beansprucht, so glaube ich dennoch, dass es nicht ohne Interesse sein wird zu zeigen, wie durch die Annahme einer magnetischen Axe der Sonne in die täglichen und jährlichen Änderungen der Richtung und Intensität der magnetischen Kräfte und die sogenannten Störungen, die auf die Nadel wirken, Zusammenhang gebracht werden könne, und wie diese Änderungen wenigstens qualitativ sich erklären lassen. Ich werde mich dabei auf die allgemeinen auf der ganzen Oberfläche beobachteten Erscheinungen beschränken und von Ausnahmen, die in Folge localer Verhältnisse stattfinden, absehen [1].

4. Zuerst will ich einige allgemeine Bemerkungen machen über die Ablenkung, welche eine Magnetnadel erfährt, wenn sie durch magnetische Kräfte in einer bestimmten Richtung festgehalten wird, und wenn andere magnetische Kräfte sie in eine andere Lage bringen wollen.

Es sei zu dem Zwecke Fig. 1 *ns* die Lage einer Magnetnadel, in welcher sie durch die Kraft *P*, die in ihrer Richtung

Fig. 1.



[1] Der Gedanke, der Sonne Magnetismus zuzuschreiben, und damit die Variationen der Elemente des Erdmagnetismus in Zusammenhang zu bringen, wird hie und da in physicalischen Werken, die diesen Gegenstand behandeln, erwähnt; es ist mir aber nicht bekannt, dass irgendwo der Versuch gemacht wäre, die Art und Weise dieser Änderungen aus dieser Ursache abzuleiten.

wirkt, festgehalten wird; ausserdem wirke auf sie eine andere magnetische Kraft Q kleiner als P, die sie in die Richtung NS, der parallel sie wirkt, zu bringen bestrebt ist, so wird die Magnetnadel ins Gleichgewicht kommen, wenn sie sich um den Winkel μ gedreht hat, wenn das Moment des einen Kräftepaares dem des anderen gleich geworden ist, wenn somit

$$Q \sin(\alpha - \mu) = P \sin \mu \tag{1}$$

ist, wo α den Winkel bezeichnet, den die beiden Richtungen ns und NS mit einander einschliessen; daraus ergibt sich

$$\operatorname{tang} \mu = \frac{Q \sin \alpha}{P + Q \cos \alpha}. \tag{2}$$

Aus dieser Formel ist zu ersehen, dass μ mit wachsendem α zunehmen wird, und dass das Maximum dieser Ablenkung eintreten wird, wenn der Winkel α stumpf geworden und zwar so, dass

$$\cos \alpha = -\frac{Q}{P} \tag{3}$$

ist. Dieses Maximum von μ kann bestimmt werden aus der Gleichung

$$\operatorname{tang} \mu = \frac{Q}{\sqrt{P^2 - Q^2}}. \tag{4}$$

Von da an nimmt bei fortgesetztem Wachsen von α μ ab, so dass, wenn NS sich der Lage ns nähert, von der andern Seite sich $n's'$ ebenfalls (also in entgegengesetztem Sinne sich drehend) in die ursprüngliche Lage ns zurückkommt. Die Kraft, mit welcher jedesmal die Nadel in ihrer Richtung festgehalten wird, ist

$$R = \sqrt{P^2 + Q^2 + 2PQ \cos \alpha}. \tag{5}$$

Diese Kraft ist ein Maximum für $\alpha = 0$, wenn die Lage NS mit sn und ein Minimum für $\alpha = 180°$, wenn NS mit ns zusammenfällt. Im ersten Fall

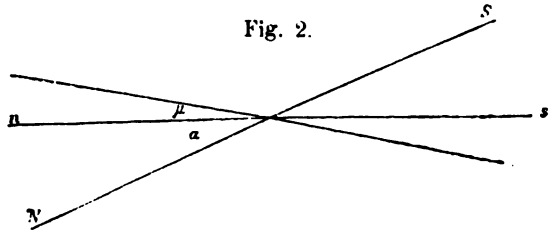
$$R = P + Q \tag{6}$$

im andern

$$R = P - Q. \tag{7}$$

Ist der Winkel $\alpha = 180°$, so ist $\mu = 0$, also gar keine Ablenkung. Dreht sich NS in demselben Sinne noch weiter fort, dass also $\alpha > 180°$ wird, so wird tang μ so wie auch μ negativ. Um aber negative und überstumpfe Winkel zu vermeiden, wollen wir etwa (Fig. 2) von der Lage ausgehen, wenn beide Richtungen

Fig. 2.



mit entgegengesetzten Polen übereinanderfallen, und von da aus den Winkel α nach der einen und μ nach der anderen Richtung zählen. Dann ist

$$Q \sin(\mu + \alpha) = P \sin \mu$$

und daraus ergibt sich

$$\text{tang}\, \mu = \frac{Q \sin \alpha}{P - Q \cos \alpha}. \qquad (8)$$

Auch hier wird μ bei Zunahme von α zunehmen, so dass also, wenn NS in einem der Bewegung des Uhrzeigers entgegengesetzten Sinne sich dreht, die Magnetnadel sich im Sinne des Uhrzeigers bewegt. Der Ablenkungswinkel wird seinen grössten Werth erhalten, wenn

$$\cos \alpha = \frac{Q}{P}. \qquad (9)$$

ist, α also einen spitzigen Winkel vorstellt [1].

[1] Um sich dies zu versinnlichen, kann man einen längeren Magnetstab in einer horizontalen Ebene über einer Declinationsnadel drehen, wo dann die Nadel die beschriebenen Bewegungen vollführt, wenn die Ebene, in der sich der Magnetstab dreht, der Declinationsnadel nicht zu nahe steht.

5. Wenn die Sonne wie ein Magnet wirkt, so müssen wir eine zweifache Wirkung auf die Magnetnadel unterscheiden: 1. die unmittelbare Wirkung, vermöge welcher sie der Nadel eine ihrer magnetischen Axe parallele Richtung zu geben bestrebt ist; 2. eine mittelbare Wirkung, welche sich dadurch äussert, dass die Sonne Magnetismus der Substanz des Erdkörpers inducirt, welche auch der Träger des eigentlichen permanenten Erdmagnetismus ist[1]. Die jedesmalige magnetische Kraft der Erde ist die Resultirende aus dem bleibenden und aus dem von der Sonne inducirten Magnetismus, so wie die magnetische Axe der Erde eine resultirende ist aus der permanenten und aus der durch die Sonne inducirten Axe, welche letztere eine nach dem Stande der Sonne veränderliche Lage einnimmt.

Ich will nun zuerst zeigen, welche Veränderungen in der Inclination, Intensität und Declination sich ergeben werden unter der unmittelbaren Wirkung der Sonne auf die Magnetnadel, wenn wir vorderhand von der Wirkung des inducirten Magnetismus absehen. Dabei werde ich zuerst von dem einfachen Falle ausgehen, dass für den betrachteten Ort der Erdoberfläche die Richtung der frei beweglichen, nur unter dem Einflusse des permanenten Erdmagnetismus stehenden Magnetnadel mit dem astronomischen Meridian zusammenfalle.

Es sei zu dem Zwecke AB (Fig. 3) die Ebene der Ekliptik, NS die magnetische Axe der Sonne, welche wir der Einfachheit wegen mit der Erdaxe PP in einer Ebene liegend annehmen wollen. Im Punkte M der Erdoberfläche, für welchen die Sonne eben culminirt, sei die Lage der Magnetnadel ns; $S'N'$ sei die durch den Mittelpunkt der Nadel parallel zu der magnetischen Axe der Sonne gelegte Gerade, so ist dies die Lage, in welche durch die Wirkung der Sonne die Magnetnadel gebracht werden sollte, falls sie von dem Erdmagnetismus nicht festgehalten würde. Heisst nun der Winkel $S'Mn$ α, so wird durch die Einwirkung der Sonne derselbe vermindert werden um μ, um welchen Betrag die Inclination durch die Sonne vermehrt wird.

[1] Dabei wird es wohl gleichgiltig sein, ob wir die Ursache des Erdmagnetismus in elektrischen Strömen, die die Erde umkreisen, oder in einer Vertheilung der magnetischen Fluida suchen.

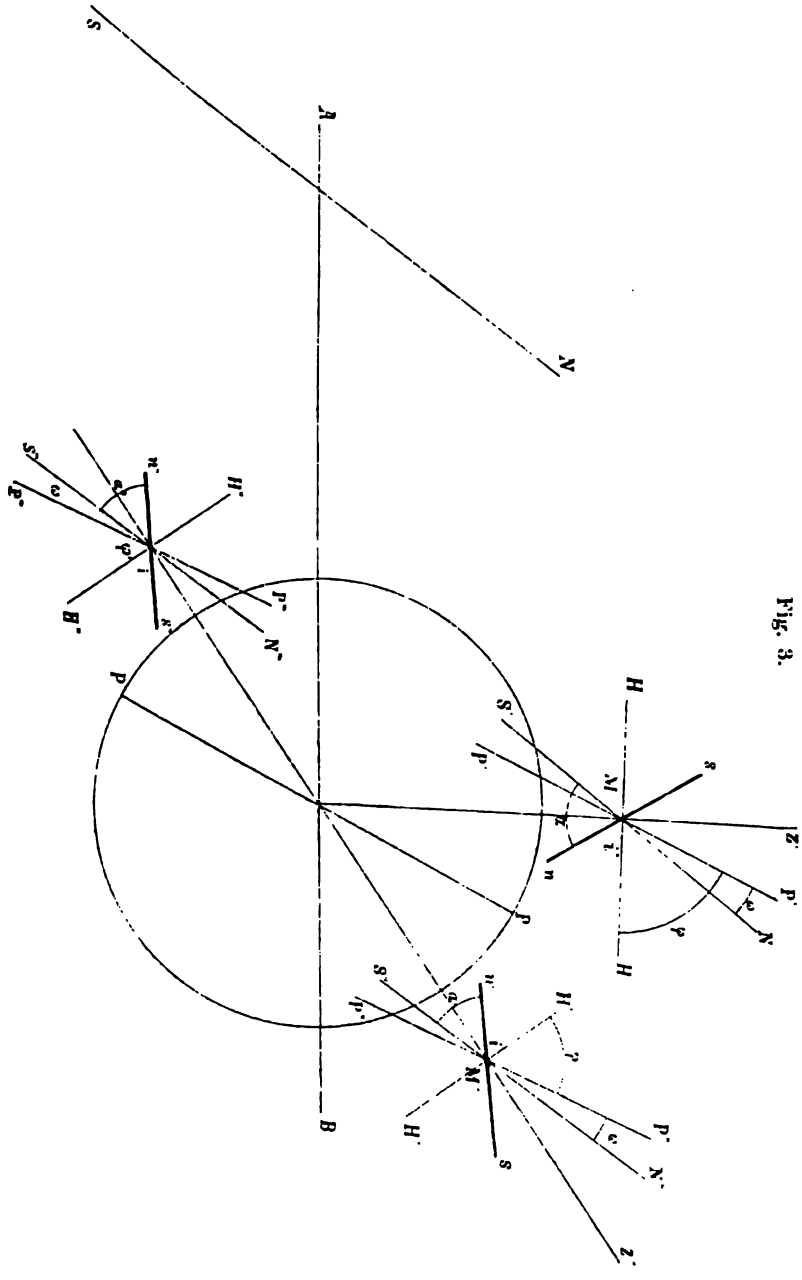


Fig. 3.

Zwölf Stunden später wird sich der Punkt M in Folge der Axendrehung der Erde befinden bezüglich der Erdaxe in der entgegengesetzten Lage in M'.

Die Sonne trachtet die Nadel in die Lage $S''N''$ zu bringen, welche ebenfalls zu SN parallel ist. Die Nadel aber wird in der Lage $n's'$ festgehalten durch die magnetischen Kräfte der Erde. Der Winkel $S''M'n'$ heisse α', so wird er durch die Einwirkung der Sonne vermindert erscheinen um μ', um welchen Betrag die factisch beobachtete Inclination vermehrt wird gegen jene, welche der Magnetismus der Erde allein bewerkstelligen würde.

Da nun bei der angenommenen Lage der magnetischen Axe der Sonne der Winkel α grösser ist als α', indem

$$\alpha = (180° - i - \varphi) + w$$

und

$$\alpha' = (180° - i - \varphi) - w$$

wo i die Inclination, die der Erdmagnetismus für sich der Magnetnadel ertheilen würde, φ die geographische Breite des Ortes M und w den Winkel bezeichnet, den die magnetische Axe der Sonne mit der Erdaxe einschliesst, so wird auch $\mu > \mu'$ sein, somit die wirkliche Inclination der Nadel zur Zeit der oberen Culmination der Sonne grösser ausfallen als jene zur Zeit der unteren Culmination. Dagegen wird die Intensität der Kräfte, welche die Magnetnadel in ihrer Lage festhalten, im ersten Falle geringer sein als im zweiten. Es lässt sich ferner zeigen, dass der Winkel α im ersten Falle überhaupt seinen grössten, im zweiten seinen kleinsten Werth hat. Denn denken wir uns der Einfachheit wegen die Erde ruhend und die Sonne um dieselbe kreisend, und durch den Mittelpunkt der Magnetnadel eine Parallele zur Weltaxe gezogen, so wird die zur magnetischen Axe durch den Mittelpunkt der Nadel gelegte Parallele um die erste eine Kegelfläche während 24 Stunden beschreiben; daher wird sich der Winkel α continuirlich ändern und zur Zeit der oberen Culmination den grössten, zur Zeit der unteren den kleinsten Werth haben.

6. Wenden wir jetzt unsere Aufmerksamkeit den Veränderungen zu, welche die Declination unter den obigen Annahmen während der täglichen Umdrehung erfahren wird. Um unsere

Gedanken zu fixiren, denken wir uns eine Declinationsnadel vor uns in einer horizontalen Ebene beweglich, so dass also der Nordpol derselben unter dem Einflusse des Erdmagnetismus allein nach Norden weist. Es sei West zu unserer linken, Ost zur rechten Hand. Die zur magnetischen Axe der Sonne Parallele, die die Kegelfläche beschreibt, befindet sich zur Zeit der oberen Culmination der Sonne im astronomischen Meridian und ihre Projection auf den Horizont fällt mit der Richtung der Declinationsnadel zusammen; daher wird diese noch immer nach Norden weisen. Die horizontale Richtkraft aber derselben wird unter dem Einflusse des Erd- und Sonnenmagnetismus geringer ausfallen, als sie wäre, wenn die Sonne nicht magnetisch wirken würde.

Dann bezeichnen wir mit P die Kraft, mit welcher die Erde, mit Q die, mit welcher die Sonne auf einen Pol der Nadel wirkt, so ist die horizontale Componente des Erdmagnetismus allein $P\cos i$; die des Sonnenmagnetismus $Q\cos(\varphi-w)$, wo, wenn φ und w dieselbe Bedeutung wie früher haben, $\varphi-w$ den Winkel bezeichnet, den die magnetische Axe der Sonne mit dem Horizont einschliesst. Da diese Kräfte nach entgegengesetzten Richtungen wirken, so ist die Richtkraft der Declinationsnadel gleich ihrer Differenz, nämlich:

$$P\cos i - Q\cos(\varphi-w).$$

Wenn nun die Sonne am Himmel nach Westen sich wendet, so wird die Ebene, die durch die magnetische Axe derselben und durch die Mitte der Nadel gelegt wird, sich um die zur Weltaxe parallele Gerade drehen, und zwar der Theil, der jenseits der Axe liegt, nach der entgegengesetzten Richtung als der diesseits befindliche; also wird sich der nördliche Theil der zur magnetischen Axe der Sonne Parallelen nach Osten bewegen, und wenn wir sie in dieser Lage auf den Horizont projiciren, so wird diese Projection rechts oder östlich von dem Nordende der Nadel zu liegen kommen, somit das Nordende der Nadel (nach §. 4 zu Ende) nach der entgegengesetzten Richtung, nämlich nach Westen sich bewegen. Bei weiterer Bewegung der Sonne am Himmel wird der Winkel, den die Projection zur magnetischen Sonnenaxe parallelen Geraden auf den Horizont mit dem astro-

nomischen Meridian einschliesst, immer grösser und dem entsprechend die westliche Abweichung der Nadel auch bedeutender, bis sie ihr westliches Maximum erreichen wird. Jener Winkel wird aber seinen grössten Werth 6 Stunden nach dem Durchgange der Sonne durch den Meridian erhalten; von da an nähert sich wieder die Projection dem astronomischen Meridian (vorausgesetzt, dass die die Kegelfläche beschreibende Gerade die Verticale nicht erreicht) und dem entsprechend auch die westlich abgelenkte Magnetnadel in entgegengesetzter Richtung ihrer ursprünglichen Lage, bis sie dieselbe nach Verlauf von abermals 6 Stunden erreicht. Um Mitternacht ist die Kraft, mit der die Sonne auf die Magnetnadel wirkt $Q \cos(\varphi + w)$, also kleiner als zu Mittag, die gesammte Richtkraft der Declinationsnadel aber

$$P \cos i - Q \cos(\varphi + w),$$

also grösser als Mittags.

Im weiteren Verlaufe kommt nun die Projection der zur magnetischen Sonnenaxe Parallelen nach Westen vom Nordende der Nadel zu liegen; dem entsprechend wird diese eine östliche Ablenkung zeigen, bis nach Ablauf von abermals 12 Stunden die ursprünglichen Verhältnisse ganz hergestellt sein werden.

Dabei wird noch zu beobachten sein, dass die Raschheit, mit welcher die Magnetnadel dem Stande der Sonne am Himmel folgen wird, abhängig sein wird von der horizontalen Componente des Sonnenmagnetismus, und diese hinwiederum hängt ab von dem Winkel, den die magnetische Sonnenaxe oder die ihr Parallele mit dem Horizonte einschliesst. Dieser ist, in den Tagesstunden kleiner als φ, in den Nachtstunden grösser als φ, daher sein Cosinus im ersten Fall grösser als im zweiten. Die Nadel wird folglich rasch Nachmittags ihre westlichste Declination erreichen und rasch aus ihrer östlichsten Abweichung Vormittags zurückkehren, während in den Nachtstunden ihre Bewegung eine langsamere sein wird.

7. Wir haben der Einfachheit wegen angenommen, dass für den betrachteten Punkt M der Erdoberfläche die Richtung des eigentlichen Erdmagnetismus mit dem astronomischen Meridian zusammenfalle, und dass zu gleicher Zeit die magnetische Sonnenaxe mit der Erdaxe in einer Ebene liege. Dies wird im

Allgemeinen nicht der Fall sein, vielmehr wird der erdmagnetische sowohl als auch der sonnenmagnetische Meridian (so zu sagen) zur Zeit der oberen Culmination[1] mit dem astronomischen Meridian einen Winkel einschliessen.

Wie aber auch immer die Lage, welche die Sonne der freibeweglichen Magnetnadel zu geben bestrebt ist, sein mag, so wird unter allen Umständen die Ebene, die durch diese Lage und die parallel zur Weltaxe durch den Mittelpunkt der Nadel gezogene Gerade gelegt wird, bei der Bewegung der Sonne sich um die zur Erdaxe Parallele drehen und dabei wird diese Lage ebenfalls eine Kegelfläche beschreiben. Diese sich drehende Ebene wird die Richtung der nur unter dem Einflusse des Erdmagnetismus stehende Magnetnadel zweimal in sich aufnehmen; einmal wird der Winkel, den die beiden Richtungen (in dieser Ebene) einschliessen, den kleinsten, das anderemal den grössten Werth annehmen; das erstemal wird die Intensität der Kraft, mit welcher die Magnetnadel in ihrer factischen Lage erhalten wird, ein Maximum, das anderemal 12 Stunden später ein Minimum sein.

Projicirt man sich die jedesmalige Lage, welche die zur magnetischen Sonnenaxe durch den Mittelpunkt der Nadel gelegte Parallele einnimmt, auf den eigentlichen magnetischen Meridian des betreffenden Ortes, so wird diese Projection mit der Richtung, welche der Erdmagnetismus allein der Magnetnadel ertheilt, verschiedene Winkel einschliessen, einen kleinsten dem ein Minimum der Inclination, und einen grössten, dem ein Maximum derselben entsprechen wird[2].

Um die Veränderungen der Declination zu erhalten, brauchen wir nur die Richtung der unter dem Einflusse des Erdmagnetismus allein stehenden freibeweglichen Nadel und die jedesmalige

---

[1] Wenn man diejenige Verticalebene, in welche die Sonne die frei bewegliche Nadel zu bringen sucht, „sonnenmagnetischer Meridian" nennen wollte, so wie man erdmagnetischer Meridian nennt die Verticalebene, welche durch die nur unter dem Einfluse des Erdmagnetismus stehende Nadel hindurchgeht. Die erste Ebene ist in einer Drehung begriffen, während wir uns die zweite fix denken.

[2] In diesen beiden Absätzen ist der spitzige Winkel gemeint, den die beiden nach Süden gerichteten Theile der betreffenden Geraden mit einander einschliessen.

Lage der zur magnetischen Sonnenaxe Parallelen auf den Horizont zu projiciren. Diese beiden Projectionen werden zu einer bestimmten Zeit zusammenfallen und zwar ungefähr zur Zeit des Inclinationsmaximums und später zur Zeit des Inclinationsminimums. Denn in diesen beiden Fällen liegen die entsprechenden Richtungen, die wir auf den Horizont projiciren, in einer und derselben Verticalebene, nämlich in der des eigentlichen erdmagnetischen Meridians. In Deutschland, wo die Declination eine westliche ist, tritt das Inclinationsmaximum ein etwa um 10 Uhr Vormittags. Da nun von diesem Zeitpunkte an die Projection der zur magnetischen Sonnenaxe durch den Mittelpunkt der Nadel gelegten Parallelen auf den Horizont östlich zu liegen kommt (in dem nördlichen Theil), wird die Magnetnadel nach Westen ausweichen und rasch ihre westlichste Declination erreichen; von da an wird sich der Vorgang so wiederholen, wie ich ihn in §. 6 beschrieben habe. Auch hier wird man aus denselben Gründen wie früher sagen können, dass in den Tagesstunden, wenn die Nadel aus ihrer östlichsten Position in die westlichste übergeht, die Bewegung rascher sein wird als in den Nachtstunden, wegen der am Tage grösseren horizontalen Componente der Sonnenkraft.

Wenn man also annimmt, dass die Sonne unmittelbar auf die Magnetnadel einwirkt und zwar derart, dass sie derselben eine bestimmte, sich nicht ändernde Richtung zu geben strebe, so lassen sich aus dieser Annahme und aus der Rotation der Erde um ihre Axe je ein Minimum und ein Maximum der drei Elemente des Erdmagnetismus, nämlich der Intensität, Inclination und Declination, während einer solchen Rotationsperiode wenigstens qualitativ ziemlich entsprechend erklären. Nun aber zeigt die Beobachtung, dass die genannten Elemente während jener Periode in den meisten Fällen je zwei Maxima und Minima aufweisen. Zu ihrer Erklärung müssen wir nun auch die mittelbare Wirkung der Sonne heranziehen.

8. Wirkt nun die Sonne auf die Magnetnadel wie ein Magnet, so muss sie auch auf diejenige Substanz des Erdkörpers, der auch der permanente Magnetismus anhaftet, durch Induction wirken. Die Magnetismen der einzelnen Theilchen werden geschieden, und die geschiedenen Magnetismen werden auf eine

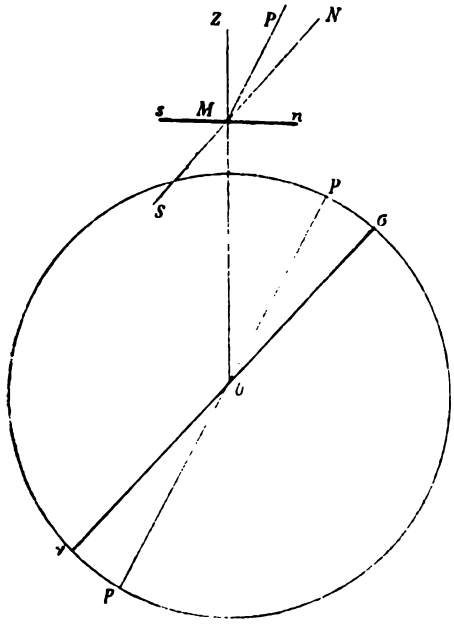
aussen befindliche Magnetnadel so wirken, wie wenn ein Punkt der nördlichen Halbkugel südlichen, und ein Punkt der südlichen Halbkugel nördlichen Magnetismus von entsprechender Quantität hätte. Diese beiden Punkte will ich die inducirten magnetischen Pole der Erde nennen, und die Gerade, die sie verbindet, soll die inducirte magnetische Axe heissen. Diese Axe wird nicht nothwendig durch den Mittelpunkt der Erde gehen, aber auch vielleicht nicht bedeutend davon abweichen. Überhaupt wird ihre Lage, abgesehen vom Stande der inducirenden Sonne, abhängig sein von der Vertheilung der magnetischen Substanz im Innern des Erdkörpers, da wir ja Grund haben, aus den Erscheinungen des permanenten Magnetismus zu schliessen, dass diese Substanz nicht regelmässig oder symmetrisch um den Erdmittelpunkt angeordnet ist. Wohl aber wird diese inducirte magnetische Axe der Erde stets parallel sein zu der sie inducirenden magnetischen Axe der Sonne. Während nun die Erde eine Rotation um ihre Axe macht, werden von der magnetischen Axe stets andere Theilchen der Erde getroffen, oder es wird diese magnetische Axe um die Erdaxe nahezu auch eine Kegelfläche beschreiben. Die Wirkung, welche diese inducirte Axe auf die freibewegliche Nadel äussern wird, besteht darin, dass sie die Nadel in die Ebene bringen will, welche durch den Mittelpunkt der Nadel und durch sie selbst gelegt wird. Dabei wird sich in der nördlichen Halbkugel der Nordpol, in der südlichen der Südpol der Nadel unter den Horizont senken.

Wenn nun die Sonne sich bewegt, so werden die Wirkungen der in der Kegelfläche um die Erdaxe sich bewegenden magnetischen Axe der unmittelbaren Wirkung der Sonne entgegengesetzt sein, wie sich aus der umgekehrten Lage der Pole ergibt. Ausserdem wird sich ein Unterschied darin zeigen, dass 1. für einen Punkt der nördlichen Halbkugel der inducirte südliche Magnetismus eine grössere Kraft auf die Nadel ausüben wird, als der inducirte nördliche Magnetismus der südlichen Halbkugel; dass 2. für denselben Punkt der nördlichen Halbkugel die Wirkung des inducirten Magnetismus bei Tage eine geringere sein wird als bei der Nacht; ferner dass 3. diese Wirkung überhaupt weniger regelmässig sein wird als die directe Sonnenwirkung, indem sie von der Vertheilung der magnetischen

Substanz im Innern des Erdkörpers bedingt ist. In Folge dieses inducirten Magnetismus werden im Allgemeinen die drei Elemente des Erdmagnetismus ebenfalls je ein Maximum und Minimum zeigen, jedoch im entgegengesetzten Sinne wie früher; es können auch dieses Maximum und Minimum in den Tagesstunden anders vertheilt sein als früher, so dass in Folge beider Wirkungen der Sonne, der directen und indirecten, je zwei Maxima und Minima der Elemente des Erdmagnetismus auftreten können.

9. Um diese Verhältnisse näher auseinanderzusetzen, wollen wir die Bewegung einer Declinationsnadel während eines Umlaufes der Sonne um die Erde verfolgen unter dem combinirten Einflusse der directen und mittelbaren Sonnenwirkung. Wählen wir dazu wieder den einfachen in §. 6 betrachteten Fall. Für den Mittag sei (Fig 4) *SN* die Lage der zur magnetischen Sonnenaxe durch den Mittelpunkt der Declinationsnadel *sn* gelegten Parallelen, $\nu\sigma$ sei die inducirte magnetische Axe der Erde; alle drei Gerade so wie die Richtung des permanenten Magnetismus fallen für den Moment in den astronomischen Meridian. Die horizontale Componente der Kraft, mit der die Sonne direct wirkt, hat ihren grössten, die horizontale Componente des inducirten Magnetes ihren kleinsten Werth. Wenn sich die Sonne gegen Westen fortbewegt, fällt die horizontale Projection von *MN* östlich und ebenso die horizontale Projection von $O\sigma$ östlich vom Nordende der Nadel.

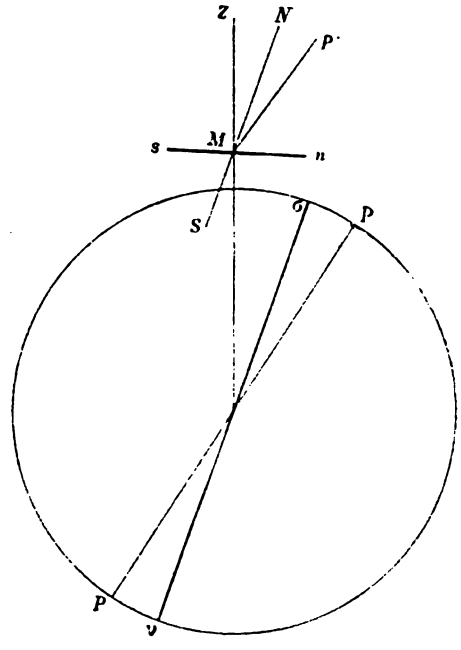
Fig. 4.



Es wirken nun auf das Nordende der Nadel zwei entgegengesetzte Kräfte, die directe Sonnenwirkung treibt die Nadel nach Westen, durch die Wirkung des inducirten Magnetismus wird sie nach Osten gezogen; die erstere Kraft ist anfangs grösser, also wird sich die Nadel nach Westen bewegen. Die westliche Componente nimmt aber ab, weil die *MN* sich über den Horizont erhebt, die östliche Componente nimmt zu. Nachdem die Nadel ihre westlichste Ablenkung erreicht hat, wird sie rasch abnehmen.

In Folge der directen Sonnenwirkung sollte die ursprüngliche Lage im Meridian von der Nadel erst um 12 Uhr Nachts erreicht werden; unter der combinirten Einwirkung der beiden entgegengesetzten Kräfte wird diese aber bedeutend früher eintreten, wenn nämlich die grössere westliche so viel abgenommen hat, die kleinere östliche um so viel grösser geworden ist, dass beide einander gleich geworden sind[1]. Von da an hat die östliche Kraft das Übergewicht und wird eine östliche Ablenkung bewirken, welche aber weder der Dauer, noch dem Betrage nach der früheren westlichen Ablenkung gleichkommt, weil nun der Pol σ gegen den astronomischen Meridian sich bewegt. In Fig. 5 ist die Lage gezeichnet für Mitternacht. Wenn die Sonne aus der unteren Culmination nach Osten sich bewegt, fallen die horizontalen

Fig. 5.



[1] Ich glaube, dass sich daraus erklärt der kleine Stillstand, den die Nadel manchmal um 6 Uhr macht. Humboldt, Kosmos, 4. Theil, p. 116.

Projectionen der zur magnetischen Sonnenaxe Parallelen und der inducirten magnetischen Axe nach Westen vom Nordende der Nadel, was zur Folge hat, dass wieder zwei Kräfte die Nadel nach entgegengesetzten Richtungen zu drehen bestrebt sind. Anfangs überwiegt seiner Nähe wegen der inducirte Südpol σ und zieht die Nadel nach Westen, wodurch sie ihr zweites geringeres Maximum erreicht, dann wird sie durch die directe Sonnenwirkung bis zum östlichen Maximum abgelenkt und hierauf in den Meridian zurückgeführt. Die Declination wird also ein westliches und östliches Hauptmaximum zeigen, die einen weiteren Abstand von einander haben, und dazwischen ein geringeres östliches und westliches Nebenmaximum.

Ich habe hier angenommen, dass die horizontale Componente des inducirten Magnetismus einmal gleich wird der horizontalen Componente der directen Sonnenwirkung, aber selbst in dem Falle, dass stets die erstere Kraft kleiner wäre als die letztere, müssten vier solche Wendepunkte in der Bewegung der Nadel zum Vorschein kommen.

Betrachten wir die Bewegung der Declinationsnadel an einem Orte, an welchem die Richtung des permanenten Magnetismus nicht mit dem astronomischen Meridian zusammenfällt, so werden die Erscheinungen analog sein, nur werden sie zu anderen Stunden eintreten, wie z. B. in Deutschland werden die Richtungen der zur magnetischen Sonnenaxe Parallelen und der inducirten Axe mit der Richtung des permanenten Magnetismus nicht um 12, sondern um 10 Uhr Vormittags zusammenfallen.

10. Die Erscheinungen, wie ich sie im Vorstehenden aus den gemachten Annahmen abgeleitet habe, gelten in ihren Hauptzügen für Orte mittlerer geographischer Breite auf der nördlichen Halbkugel. Ich will nun untersuchen, wie sich die Sachen gestalten werden in anderen Punkten der Erdoberfläche.

Während in einem Orte mittlerer geographischer Breite die horizontalen Projectionen der verschiedenen Lagen, welche die zur magnetischen Sonnenaxe durch den Drehungspunkt der Nadel gezogene Parallele während ihrer Bewegung in der Kegelfläche einnimmt, von dem Nordende der Nadel nur östlich oder westlich fallen, so zwar, dass der östliche Winkel erst zunimmt bis zu einem Maximum, dann abnimmt, dann der west-

liche zunimmt, bis zu einem Maximum anwächst und wieder abnimmt, würde am Pol, wo die Axe der Kegelfläche mit der Verticalen zusammenfällt, die Projection der zur magnetischen Axe Parallelen nach und nach alle Richtungen um den Mittelpunkt der Nadel einnehmen, so dass diese Projection binnen eines Sonnentages eine vollständige Drehung um den Mittelpunkt vollbringen, und eine Declinationsnadel, die von anderen magnetischen Kräften nicht beeinflusst würde, sich vollständig um ihre Axe etwa in der Richtung des Uhrzeigers durch die unmittelbare Sonnenwirkung allein umdrehen müsste. Betrachten wir dagegen die Wirkung des inducirten Südpoles für sich allein, so würde dieser die Nadel auch um 360° binnen 24 Stunden, aber in der entgegengesetzten Richtung herumführen. Die horizontale Componente des Sonnenmagnetismus bleibt sich für alle Tagesstunden gleich, weil die zur Sonnenaxe Parallele fortwährend gegen die Ebene des Horizontes gleich gerichtet bleibt. Wäre ferner die magnetische Substanz des Erdkörpers gleichmässig um den Erdmittelpunkt vertheilt, so müsste sich auch die Wirkung des inducirten Magnetismus stets gleich bleiben. Wären nun die beiden Kräfte gegenseitig gleich, so würden sich die Bewegungen gegenseitig aufheben. Ist aber die eine Kraft grösser als die andere, so würde dennoch eine vollständige Umdrehung der Nadel stattfinden, wenn diese vom permanenten Magnetismus nicht festgehalten würde. Da nun die horizontale Componente des permanenten Magnetismus in sehr hohen Breiten eine geringe ist, so folgt daraus, dass die täglichen Schwankungen der Nadel daselbst viel bedeutender sein müssen als in mittleren Breiten, zu gleicher Zeit aber, dass sie für verschiedene Orte desselben Parallels wenig Übereinstimmendes zeigen werden, weil hier durch die localen Verschiedenheiten die Intensität des inducirten Magnetismus am bedeutendsten beeinflusst wird[1].

---

[1] Humboldt, Kosmos 4. Th. p. 118. ff. Die Quantität der Declination in Port Bowen (Br. 73° 14′) stieg an einzelnen Tagen von 1½—6 und 7 Grad, während sie unter den Wendekreisen kaum so viele Minuten erreicht.

An Orten von sehr geringer Breite oder etwa am geographischen Äquator selbst fällt die Axe der oft genannten Kegelfläche in den Horizont, so dass eine Declinationsnadel (auch vom permanenten Magnetismus abgesehen) durch den directen Einfluss der Sonne nur östlich und westlich abgelenkt werden könnte. Was die Wirkung des inducirten Magnetismus anbelangt, so wird in einigen Punkten des Äquators der inducirte Süd-, auf andere der inducirte Nord-Pol eine überwiegende Kraft äussern.

Es mag aber bemerkt werden, dass das Überwiegen des einen und des andern Pols nicht in dem Grade stattfinden kann, wie an Orten mittlerer und hoher Breite, vielmehr werden beide Pole merklich ihren Einfluss äussern. Es wird also die Wirkung des inducirten Magnetismus vielmehr abhängen von der Lage der inducirten Axe der Erde. Es darf auch nicht übersehen werden, dass, wenn die inducirte Axe nicht mit einem Durchmesser zusammenfällt, die Sehne, welche sie vorstellt, einmal am Tage dem betrachteten Punkte des Äquators am nächsten kommt, zwölf Stunden später sich von demselben am meisten entfernt. Berücksichtigt man noch den Umstand, dass am Äquator die horizontale Componente des Erdmagnetismus einen grossen Werth hat, so kann man sagen, dass die Änderungen für verschiedene Punkte des Äquators und verschiedene Jahreszeiten verschieden, aber dem absoluten Betrage nach nur gering ausfallen können.

Es ist noch nöthig, die Bewegung der freibeweglichen Magnetnadel zu betrachten an Orten mittlerer südlichen geographischen Breite. Wenn wir uns wieder die Lage der massgebenden Geraden construiren (Fig. 3 unten), etwa für einen Ort, in dem die Richtung des permanenten Magnetismus mit dem astronomischen Meridian zusammenfällt und für den Moment, wo sich die Sonne in der oberen Culmination befindet, so ist es leicht einzusehen, dass die Verhältnisse einigermassen ähnlich sind denen, welche um Mitternacht an einem Orte mittlerer nördlichen geographischen Breite stattfinden, nur mit dem Unterschied, dass hier der inducirte Nordpol der Erde eine überwiegende Wirkung ausübt. Fassen wir nun die Änderungen der Declination in's Auge, so sollte zu Mittag in Folge der östlichen Bewegung

der durch den Mittelpunkt der Nadel zur magnetischen Sonnenaxe gezogenen Parallelen (weil nämlich die horizontale Projection dieser Geraden vom Nordende der Declinationsnadel östlich fällt) das Nordende der Nadel sich nach Westen bewegen, da aber die horizontale Intensität der Sonnenwirkung für diesen Moment den geringsten Werth hat, und da der inducirte Nordpol sich jetzt in der grössten Nähe befindet, so wird seine Bewegung die massgebende sein, somit wird er den Süd-Pol der Nadel mit sich nach Westen ziehen, oder es wird das Nordende der Nadel nach Osten ausweichen, gerade entgegengesetzt der gleichzeitigen Bewegung der Nadel in der nördlichen Halbkugel, wie es die Beobachtungen bestätigen.

11. Wenn die Sonne magnetische Wirkungen auf die Magnetnadel ausübt, und wenn in Folge dessen und der täglichen Umdrehung der Erde um ihre Axe die Elemente des Erdmagnetismus eine tägliche Periode zeigen, so kann man auch erwarten, dass während eines Jahres sich diese Wirkungen nicht gleichbleiben werden, indem sich einerseits die Entfernung, andererseits die Stellung des Erdkörpers gegen die Sonne ändert.

Nun zeigt sich auf beiden Halbkugeln der Erde ein Maximum der mittleren Inclination zur Zeit des Wintersolstitiums, wenn die Erde der Sonne am nächsten steht, und ein Maximum zur Zeit, wo die Entfernung der Erde von der Sonne die grösste ist. Dies folgt aber unmittelbar aus unserer Annahme, dass die Sonne überhaupt die Inclination zu vergrössern bestrebt ist.

Nehmen wir ferner an, dass die bereits ausgeführten Constructionen der massgebenden Geraden für die Zeit des Sommersolstitiums gelten, und construiren wir uns die Lage derselben für die Zeit des Wintersolstitiums, so werden wir leicht finden, dass die Verhältnisse in diesem letzteren gerade die umgekehrten sind. Während im Sommer die Neigung der zur magnetischen Sonnenaxe Parallelen gegen den Horizont am Tage den kleinsten, zur Nachtzeit den grössten Werth gehabt hat, ist dies jetzt umgekehrt, zur Nachtzeit hat diese magnetische Sonnenaxe gegen den Horizont den kleinsten, am Tage den grössten Neigungswinkel; es ist also im Winter so, als ob Tag und Nacht mit einander vertauscht wären. Dem entsprechend fällt das Minimum der Declination (die östlichste Stellung der Declinations-

nadel) z. B. nach den Beobachtungen von Prag und München[1] im Frühling und Sommer auf 8—9 Uhr Vormittags, im Herbst und Winter auf 10 Uhr Nachts.

Es ist aber noch darauf zu achten, dass im Winter der grösseren Sonnennähe wegen beide Kräfte, sowohl die der directen Sonnenwirkung, als die des inducirten Magnetismus grösser sein werden; wenn aber die inducirende Wirkung des Sonnenmagnetismus, wie es anzunehmen ist, in einem rascheren Verhältnisse mit der wachsenden Entfernung abnimmt als die directe, so wird der Unterschied beider Kräfte im Winter verhältnissmässig geringer sein als im Sommer, und da die Amplitüde der täglichen Schwankung der Declinationsnadel von diesem Unterschiede abhängt, indem die beiden Kräfte auf die Declinationsnadel entgegengesetzt wirken, so wird diese Amplitüde geringer ausfallen im Winter als im Sommer.

Bemerkenswerth sind die jährlichen Anderungen der Declination in Orten geringer geographischer Breite, namentlich in Singapore und St. Helena[2]. Diese Orte liegen nahe dem magnetischen Äquator und nahe der Curve der schwächsten totalen Intensität des permanenten Erdmagnetismus. Es wird also für dieselben keiner der inducirten Erdpole überwiegen und die Wirkung der inducirten Axe nur eine geringe sein, so dass hier die unmittelbare Wirkung der Sonne am reinsten zum Ausdruck kommen wird.

Eine Gerade, die zur Erdaxe parallel gelegt wird, fällt hier nahezu in den Horizont, die zur magnetischen Sonnenaxe gelegte Parallele kommt zur Zeit der oberen Culmination der Sonne nach unserer Annahme mit ihrem nördlichen Theil im Sommer d. h. wenn die Sonne in den nördlichen Zeichen steht, unter den Horizont zu liegen, so dass, wenn sich die Ebene, die durch die magnetische Axe der Sonne und die zur Erdaxe Parallele gelegt wird, in ihrem oberen Theil nach Westen dreht, die unter dem Horizonte befindliche zur magnetischen Sonnenaxe Parallele nach Osten sich bewegt. Demgemäss wird der Nordpol der Declinationsnadel um die Zeit der oberen Culmination der Sonne

---

[1] Kreil, Über den Einfluss des Mondes. Tafel XIV u. XV.

[2] Humboldt's Kosmos. 4. Theil, pag. 122.

nach Westen ausweichen, wie in einem Punkte der nördlichen Halbkugel, der eine mittlere Breite hat. Zur Zeit dagegen, wo die Sonne in den südlichen Zeichen steht, wenn also Sommer in der südlichen Halbkugel ist, fällt die zur magnetischen Sonnenaxe durch den Mittelpunkt der Nadel gezogene Parallele in ihrem nördlichen Theil über den Horizont, wenn die Sonne sich über dem Horizonte befindet. Wenn sich nun die Sonne nach Westen bewegt, so wird dieser nördliche Theil sich auch nach Westen bewegen, weil er mit der Sonne diesseits der in den Horizont fallenden Umdrehungsaxe liegt. Der Nordpol der Declinationsnadel wird also in östlicher Richtung eine Abweichung zeigen, wie gleichzeitig in einem Punkte von mittlerer südlichen geographischen Breite. In der That sind die stündlichen Schwankungen der Declinationsnadel in den genannten Orten derart, dass sie an den Erscheinungen oder dem Typus beider Halbkugel abwechselnd Theil nehmen, während zur Zeit der Äquinoctien oder bald nachher, im März und April wie im September und October, der Gang der Nadel schwankend, an einzelnen Tagen, Übergangs-Perioden bezeichnet, von einem Typus zum anderen, von dem der nördlichen zu dem der südlichen Halbkugel.

12. Was die Ursache des Sonnenmagnetismus ist, wissen wir nicht. Wir können uns aber vorstellen, dass die mannigfaltigen und grossartigen Processe, deren Schauplatz die Sonne ist, elektrische Ströme verursachen, die den Magnetismus der Sonne zur Folge haben. Die Energie dieser Processe scheint nun oft stoss- oder sprungweise anzuwachsen und abzunehmen, und dadurch die Intensität (und vielleicht auch die Richtung) der magnetischen Kraft der Sonne in manchen Zeiten rasch zu verändern.

Eine frei bewegliche Magnetnadel auf der Oberfläche der Erde, die von drei Kräftepaaren angegriffen wird, nämlich vom permanenten Erdmagnetismus, von der directen Sonnenwirkung und vom inducirten Magnetismus der Erde, wird plötzlich eine andere Richtung anzeigen, wenn rasch eine oder zwei ihre Intensität ändern. Die Ursache dieser plötzlichen Änderungen der Elemente des Erdmagnetismus, der sogenannten Störungen oder

Perturbationen kann man magnetische Ungewitter nennen, wenn man nur den Sitz dieser Ungewitter auf die Sonne verlegt.

Diese Perturbationen nun befolgen eine gewisse Regelmässigkeit, welche in der kosmischen Physik von Dr. Johann Müller etwa folgendermassen formulirt sind:

1. Die Störungen sind in der Regel von der Art, dass sie den mittleren täglichen Gang noch deutlich hervorheben, dass also die Störungen als Oscillationen um den mittleren Gang der Declination auftreten.
2. Im Allgemeinen fallen die Störungen der Declination um so bedeutender aus, je mehr man sich den Polargegenden nähert; sie sind dort ausserordentlich gross und von ganz veränderter Gestalt.
3. Die Störungen können nicht localen Ursachen zugeschrieben werden.
4. Die Störungen auf der südlichen Hemisphäre stehen in fast vollkommenem Gegensatz zu den Schwankungen, welche gleichzeitig an Orten der nördlichen Halbkugel stattfinden, die nahezu gleiche geographische Länge haben.
5. Wenn zu irgend einer Zeit an einem bestimmten Orte eine besonders starke Störungsschwankung stattfindet, so wird sie nach Ost und West hin in gleicher Richtung, aber mit abnehmender Stärke auftreten; 90° östlich und 90° westlich von dem Orte, wo die Schwankung im Maximum auftritt, wird in demselben Momente gar keine oder nur eine unbedeutende Schwankung beobachtet, auf der andern Hälfte des Parallels aber haben die gleichzeitigen Störungsschwankungen eine entgegengesetzte Richtung, und zwar zeigt sich ein östliches Maximum 180° von dem Punkte entfernt, wo gerade das westliche Maximum auftritt.

Die unter 1, 2, 3, 4 angeführten Gesetze folgen aus unserer Annahme auf einfache Art, so dass ihre specielle Ableitung nur Wiederholung des Vorhergehenden wäre. Ich will nur Einiges zur Beleuchtung des letzteren Satzes anführen.

Die Epoche des Eintretens der grösseren Schwankungen der Declination scheint an gewisse Tageszeiten gebunden zu

sein[1], so dass sie mehrere Tage hindurch stets zu denselben Stunden eintreten. Um nun zuerst diesen Umstand aus unseren Annahmen abzuleiten, wollen wir uns nochmals den täglichen Gang der Nadel in Erinnerung bringen. Wir haben angenommen, dass etwa in Deutschland um 10 Uhr Vormittags die zur magnetischen Sonnenaxe Parallele, die Richtung des permanenten Magnetismus und die inducirte Axe in eine Ebene fallen. Wird nun um diese Zeit die Intensität des Erdmagnetismus plötzlich verstärkt oder vermindert, so wird davon die Declinationsnadel nur wenig oder gar nicht beeinflussst werden, dagegen wird die Inclinationsnadel stark beunruhigt werden[2]. Bedeutendere Störungen der Declinationsnadel werden durch eine besondere Verstärkung oder Verminderung der Intensität des Sonnenmagnetismus nur dann hervorgebracht werden können, wenn der Winkel, den die horizontalen Projectionen der Richtungen der Sonnen- und des permanenten Magnetismus einschliessen, einen grösseren Werth hat. Wenn nun an einem Orte auf der von der Sonne beschienenen Halbkugel die Nadel vom mittleren Meridian nach Westen abgelenkt ist, so werden die Orte auf der andern Halbkugel im Allgemeinen die Nadel in östlicher Ablenkung haben und umgekehrt, während für Orte, die um 90° in der Länge verschieden sind, nahezu die Nadel die Richtung des permanenten Magnetismus anzeigt. Wird nun durch ein plötzliches Anwachsen der Intensität des Sonnenmagnetismus die Nadel noch mehr nach Westen an den erstgenannten Orten abgelenkt, so wird sie an den entgegengesetzten Orten gegen Osten sich bewegen, während dazwischen an Orten, die um 90° östlicher oder westlicher Lage abweichen, die Lage der Declinationsnadel gar nicht oder nur wenig verändert wird.

13. Wir haben bisher die Richtung der magnetischen Sonnenaxe als unveränderlich betrachtet und nur die Bewegung der Erde in Betracht gezogen. Wenn sich nun auch die Sonne bewegt, und die Beobachtung der Sonnenflecken zeigt, dass die Sonne um ihre Axe rotirt, so wird auch die magnetische Sonnen-

---

[1] Humboldt's Kosmos. 4. Theil, pag. 128.

[2] Humboldt nennt es eine Art Kippen, ebendaselbst.

axe, wenn sie nicht mit der Rotationsaxe zusammenfällt, wofür kein Grund vorliegt, ihre Lage gegen eine unter dem Einflusse des permanenten Magnetismus stehende Magnetnadel während einer solchen Rotationsperiode ändern. Daher muss diese Periode auch in den Variationen der Magnetnadel nachweisbar sein, wie es auch in der That ist; Hornstein hat sogar aus dieser Periode die (synodische) Rotationszeit der Sonne abzuleiten unternommen und dieselbe auf 26·33 Tage als den wahrscheinlichsten Werth bestimmt[1]. Da die Processe auf der Oberfläche der Sonne eine 11jährige Periode, wie wir aus der Häufigkeit der Sonnenflecken wissen, aufweisen, so ist die Übereinstimmung dieser Periode mit der Periode der Störungen der Magnetnadel mit unserer Anschauung im Einklang.

---

[1] Sitzungsberichte der k. Akad. d. Wiss., mathem.-naturw. Classe LXIV. Bd., p. 64. Allerdings geht Hornstein von einer anderen Anschauung aus. Er sagt nämlich: „Verschiedene Zustände auf der Sonnenoberfläche finden nicht nur nach einander statt, im Verlaufe der 11jährigen Periode der Sonnenflecke, sie sind auch gleichzeitig neben einander vorhanden, wenn man Regionen von beträchtlicher verschiedener heliographischer Länge in der Fleckenzone ins Auge fasst. Da nun während einer Rotation der Sonne nach und nach alle diese Regionen sich der Erde zuwenden und innerhalb dieser Periode jeder Punkt der genannten Zone seine Entfernung von der Erde nahe um den ganzen Durchmesser der Sonne ändert, so bin ich auf den Gedanken gekommen, zu untersuchen, ob sich nicht periodische Veränderungen in den Elementen des Erdmagnetismus zeigen, bei welchen die Dauer einer Periode gleich ist der (synodischen) Rotationszeit der Sonne."

Und zum Schlusse bemerkt er: „Nun wurde mit Hilfe des aus den Beobachtungen von 1870 ermittelten Werthes der Periode, nämlich $T = 26{\cdot}32$ Tage die Rückwärtsrechnung für 1869 ausgeführt und zum Gange der Monatsmittel der Declination die periodische Oscillation hinzugefügt. So entstand ein Resultat, welches (mit geringen Ausnahmen am Ende des Jahres 1869) noch am Anfange 1869, d. h. wenn man von der Mitte 1870 um volle zwanzig Rotationen der Sonne zurückgeht, mit dem wirklichen Gange der Declination in Übereinstimmung ist; „eine Bestätigung der Annahme, dass durch viele Rotationen hindurch eine Art Beharrungszustand in der Sonne herrschte, welchem zufolge, trotz grosser Umwälzungen, von demselben Theile des Sonnenkörpers nahe dieselbe Wirkung ausgeübt wurde." Ich glaube aber, dass sich dieser Beharrungszustand der Sonne besser mit der Annahme einer dauernden mehr oder minder stabilen magnetischen Axe der Sonne verträgt.

Mag nun die Ansicht, die im Vorstehenden entwickelt ist, richtig sein oder nicht, so ist, glaube ich, die Forderung gerechtfertigt, sowohl die discontinuirlichen Änderungen oder Störungen, als auch die stetigen oder regelmässigen täglichen und jährlichen Änderungen der Elemente des Erdmagnetismus auf eine einzige Ursache zurückzuführen. Wenn man nun geneigt ist, die Störungen der unmittelbaren Wirkung der Sonne zuzuschreiben, so hat auch die Ableitung der regelmässigen Variationen aus der directen Sonnenwirkung ihre Berechtigung.

14. Schon 1852 hat Kreil aus 10jährigen Prager Beobachtungen in den Änderungen der Declination der Magnetnadel eine Periode nachgewiesen, die mit der Periode eines Mondentages zusammenfällt[1], und zwar in folgenden Sätzen:

1. Die magnetische Declination erleidet im Verlaufe eines Mondentages eine regelmässige Änderung, indem sie zu einem zweifachen Maximum und zu einem zweifachen Minimum gelangt.
2. Das grössere Maximum tritt ein zur Zeit der unteren Culmination des Mondes, wo er durch den unter dem Horizonte liegenden Theil des Meridians geht, und die Declination nimmt ab, bis der Mond sich 5 bis 7 Stunden gegen Osten vom Meridian entfernt hat, also bis zur Zeit des Aufganges des Mondes am Beobachtungsorte. Zu dieser Zeit tritt das erste und kleinere Minimum der Declination ein, welche von nun bis zur Zeit der oberen Culmination, vielleicht noch ein paar Stunden darüber, zunimmt, dann sich wieder verkleinert, zur Zeit des Unterganges zu einem zweiten Minimum kömmt, das aber nicht so tief herabsinkt, als das erste während der östlichen Stunden eingetretene, und hierauf bis zur unteren Culmination wieder zunimmt.

Wir ersehen daraus, dass die Wirkung des Mondes auf die Magnetnadel der Wirkung der Sonne analog ist. Nur erscheint das Maximum der westlichen Declination zur Zeit der unteren Culmination des Mondes, während in Deutschland das Maximum

---

[1] Einfluss des Mondes auf die magnetische Declination. III. Band der Denkschriften der k. Akademie d. Wissenschaften.

der westlichen Declination, hervorgebracht von der Sonne, um die Zeit ihrer oberen Culmination eintritt; man könnte daher vermuthen, dass die nördliche Halbkugel des Mondes südlichen und die südliche nördlichen Magnetismus habe, entsprechend unserer Erde aber entgegengesetzt der magnetischen Axe der Sonne[1].

Es war mir befremdend, in dem genannten Werke nicht eine entschieden ausgesprochene, vom Stande des Mondes gegen die Erde in seiner Bewegung abhängige Periode zu finden[2]. Das unentschiedene Resultat p. 46, Taf. XXI mag darin seinen Grund haben, dass die Mittel aus 10jährigen Beobachtungen nur hinsichtlich des Neumondes und Vollmondes mit einander verglichen wurden; offenbar wird es schwer sein, einen Unterschied der Declination der Nadel nachzuweisen, wenn zwei nur wenig von einander verschiedene Maxima oder Minima mit einander verglichen werden. Nach dem Verhalten der Magnetnadel während eines Mondentages ist ein Maximum der westlichen Declination bei Neumond und ein Minimum beim letzten Viertel zu vermuthen; in der That fand ich, als ich die Mittel der Declination aus denselben Zahlen, welche in Tafel XVII des Werkes angeführt sind, verglich, die Declination zur Zeit des Neumondes grösser als zur Zeit des letzten Viertels, den Unterschied aber bedeutender im Mai, Juni, Juli, also in den Sommermonaten als im Winter, wo auch im December das entgegengesetzte Verhalten eintritt, was mit den anderen Beobachtungen übereinstimmt. Dass aber dieser Unterschied überhaupt nicht ein grosser ist, kann auch darin seinen Grund haben, weil die dort

---

[1] Aus den Veränderungen der Declination allein lässt sich dieser Schluss nicht mit Sicherheit machen, wenn man die Veränderungen der Inclination und Intensität nicht kennt.

[2] Da der Mond sich um die Erde gleichsam so bewegt, als ob er in einer starren Verbindung mit der Erdaxe stünde, so beschreibt ein Durchmesser desselben, der nicht mit der Erdaxe parallel ist, um die letztere nahezu eine Kegelfläche, daher auch die magnetische Axe desselben, da kein Grund vorliegt, dieselbe parallel zur Erdaxe anzunehmen. In Folge dieses Umstandes also sollte auch die Magnetnadel, je nach dem Stande des Mondes gegen die Erde bei seiner Bewegung um die letztere, verschiedene Richtungen einnehmen.

angeführten Zahlen von den Veränderungen, welche sie in Folge der Rotation der Sonne um ihre Axe erleiden, nicht befreit oder corrigirt sind.

In dem genannten Werke pag. 1 bemerkt nun Kreil:

„Der Mond, welcher keine erkennbare Temperaturerhöhung der Erdoberfläche hervorbringt, kann auch in ihrem Magnetismus keine Änderung, wenigstens nicht auf diesem Wege, erzeugen; und wenn man dessenungeachtet eine solche bemerkt, welche von seiner scheinbaren Lage gegen den Beobachtungsort abhängig, so muss man daraus schliessen, dass er sie auf andere Weise als durch Erwärmung hervorbringe.“ Was liegt nun näher, als eine unmittelbare magnetische Wirkung anzunehmen? Nimmt man aber Magnetismus beim Monde an, so muss man, wie ich glaube, denselben auch der Sonne zuschreiben, zumal die täglichen Temperaturveränderungen, die die Sonne auf der Oberfläche der Erde hervorbringt, nur in sehr geringe Tiefen reichen, wobei die von ihnen betroffenen Schichten kaum eine nennenswerthe magnetische Wirkung äussern.

15. Zum Schlusse muss ich noch eines Phänomens Erwähnung thun, welches mit den Erscheinungen des Erdmagnetismus auf das Engste verknüpft ist, ich meine nämlich das ebenso glänzende als bisher seinen Ursachen nach räthselhafte Phänomen der Polarlichter. Ich glaube, dass die Anschauung, welche ich im Vorhergehenden von den Änderungen der Elemente des Erdmagnetismus entwickelt habe, mit den Erscheinungen, die sich beim Nordlichte darbieten, nicht nur nicht im Widerspruche steht, vielmehr dass sie uns einen Fingerzeig gibt, worin wir die eigentliche Ursache dieser Erscheinung zu suchen haben.

Eine Metallscheibe, die zwischen den Polen eines kräftigen Elektromagnetes um eine Axe rotirt, die zu der die Pole desselben verbindenden Geraden parallel ist, wird von elektrischen Strömen durchflossen, die sie warm, ja glühend machen können.

Es ist wohl nicht zu zweifeln, dass derselbe Effect erzielt werden könnte durch eine Scheibe, die vor dem Pole eines Magnetes um eine Axe rotirt, welche zur magnetischen Axe desselben nahezu parallel ist.

Aus den Untersuchungen der Erscheinungen, welche die Geisslerischen Röhren darbieten, geht hervor, dass in stark verdünnten Gasen die Elektricitäten sich nach Art galvanischer Ströme ausgleichen, dass man also Gase unter gewissen Umständen als Leiter der Elektricität ansehen kann.

Nun rotirt die Atmosphäre der Erde um die Erdaxe, welche einen nicht sehr bedeutenden Winkel mit der magnetischen Sonnenaxe einschliesst. Wir können also einen Meniscus oder eine Schale dieser Atmosphäre vergleichen mit jener vor dem Pole des Magnetes rotirenden Scheibe. In bedeutenderen Entfernungen von der Oberfläche der Erde sind die Gase dieser Atmosphärenschale in einem solchen Grade der Verdünnung, dass wir sie als Leiter der Elektricität ansehen können. Daher können in diesen hochgelegenen Schichten der Atmosphäre in Folge ihrer Rotation durch die directe Sonnenwirkung elektrische Ströme inducirt werden, welche die Gastheilchen leuchten machen. Die gewöhnliche Intensität des Sonnenmagnetismus ist zu schwach, um diese Ströme zu Stande zu bringen. Es bedarf dazu eines Anstosses, um den Widerstand, den die Luft bietet, zu überwinden. Dieser Anstoss wird erfolgen, wenn, wie wir angenommen haben, die Intensität des Sonnenmagnetismus plötzlich zunimmt. Dann tragen gleichzeitig zwei Ursachen zur Erzeugung der Inductionsströme bei, das plötzliche Anwachsen der Intensität und die Rotation des Atmosphäre. Nachdem dann aber der Widerstand gebrochen ist, und die Inductionsströme einmal aufgetreten sind, so können sie in Folge der Rotation fortdauern, so lange die Intensität des Sonnenmagnetismus sich nicht bedeutend vermindert hat. Tritt diese Verminderung ein, so hören sie auf, weil während derselben Ströme inducirt werden, welche eine den ersten entgegengesetzte Richtung haben. Die Bahnen, welche diese Ströme nehmen werden, sind nicht unveränderlich, wie es die Beweglichkeit der Luft mit sich bringt, und so wie diese Inductionsströme die Magnetnadel in Unruhe versetzen, so werden sie sich ihrerseits um die Richtung des permanenten Erdmagnetismus anordnen.

Wie unvollständig auch die vorstehende Darstellung sein mag, und sie muss ohne Anwendung sehr complicirter Rechnungen mangelhaft bleiben, so verdient, glaube ich, doch der

Versuch, die periodischen[1] auf der ganzen Erde beobachteten Änderungen der Elemente des Erdmagnetismus so wie die damit zusammenhängende Erscheinung des Nordlichtes auf eine einzige Ursache, nämlich auf den allgemeinen Magnetismus der Himmelskörper und auf ihre Bewegung zurückzuführen, einige Beachtung.

[1] Nur die säcularen Variationen des Erdmagnetismus lassen sich nicht aus dieser Annahme erklären, da die Drehung der Erdaxe in Folge der Präcession zu gering ist, um so bedeutende Änderungen der Elemente des Erdmagnetismus zu Stande zu bringen.

SITZUNGSBERICHTE

DER

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHEN CLASSE

DER KAISERLICHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

LXIX. BAND. III. ABTHEILUNG.

JAHRGANG 1874. — HEFT I BIS V.

(Mit 10 Tafeln.)

WIEN.

AUS DER K. K. HOF- UND STAATSDRUCKEREI.

IN COMMISSION BEI CARL GEROLD'S SOHN,

BUCHHÄNDLER DER KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

1874.

INHALT.

Seite

I. Sitzung vom 8. Jänner 1874: Übersicht 3

Donath, Über die bei der sauren Reaction des Harns betheiligten Substanzen. [Preis: 10 kr. = 2 Ngr.] 6

II. Sitzung vom 15. Jänner 1874: Übersicht 14

III. Sitzung vom 22. Jänner 1874: Übersicht 17

IV. Sitzung vom 5. Februar 1874: Übersicht 21

V. Sitzung vom 12. Februar 1874: Übersicht 24

VI. Sitzung vom 26. Februar 1874: Übersicht 27

VII. Sitzung vom 12. März 1874: Übersicht 33

Maly, Über die Quelle der Magensaftsäure. Vorläufige Mittheilung. [Preis: 5 kr. = 1 Ngr.] 36

VIII. Sitzung vom 19. März 1874: Übersicht 41

Mach, Über den Gleichgewichtssinn. III. Mittheilung. [Preis: 10 kr. = 2 Ngr.] 44

IX. Sitzung vom 26. März 1874: Übersicht 52

Kratschmer, Weitere Versuche betreffs der Behandlung des *Diabetes mellitus*. [Preis: 15 kr. = 3 Ngr.] 55

Dietl, Beobachtungen über Theilungsvorgänge an Nervenzellen. (Mit 1 Tafel.) [Preis: 25 kr. = 5 Ngr.] 71

— Casuistische Beiträge zur Morphologie der Nervenzellen. (Mit 1 Tafel.) [Preis: 20 kr. = 4 Ngr.] 80

Hering, Zur Lehre vom Lichtsinne. IV. Mittheilung. Über die sogenannte Intensität der Lichtempfindung und über die Empfindung des Schwarzen. (Mit 1 Holzschnitt.) [Preis: 20 kr. = 4 Ngr.] 85

X. Sitzung vom 16. April 1874: Übersicht 107

Mayer, Experimenteller Beitrag zur Lehre von den Athembewegungen. (Mit 4 Tafeln.) [Preis: 1 fl. = 20 Ngr.] . 111

Toldt, Untersuchungen über das Wachsthum der Nieren des Menschen und der Säugethiere. (Mit 1 Tafel.) [Preis: 30 kr. = 6 Ngr.] 123

XI. Sitzung vom 23. April 1874: Übersicht 151

Weiss, Beiträge zur quantitativen Bestimmung des Zuckers auf optischem Wege. [Preis: 20 kr. = 4 Ngr.] 155

Hering, Zur Lehre vom Lichtsinne. V. Mittheilung. Grundzüge einer Theorie des Lichtsinnes. [Preis: 25 kr. = 5 Ngr.] 179

Seite

XII. Sitzung vom 30. April 1874: Übersicht 218

Mach u. *Kessel*, Beiträge zur Topographie und Mechanik des Mittelrohres. (Mit 1 Tafel und 5 Holzschnitten.) [Preis: 50 kr. = 10 Ngr.] 221

XIII. Sitzung vom 15. Mai 1874: Übersicht 247

Maly, Über die Quelle der Magensaftsäure. II. Vorläufige Mittheilung. [Preis: 5 kr. = 1 Ngr.] 251

Rühlmann, Untersuchungen über das Zusammenwirken der Muskeln bei einigen häufiger vorkommenden Kehlkopfstellungen. (Mit 2 Tafeln.) [Preis: 60 kr. = 12 Ngr.] . 257

XIV. Sitzung vom 21. Mai 1874: Übersicht 310

SITZUNGSBERICHTE

DER

KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE CLASSE.

LXIX. Band.

DRITTE ABTHEILUNG.

1.

Enthält die Abhandlungen aus dem Gebiete der Physiologie, Anatomie und theoretischen Medicin.

I. SITZUNG VOM 8. JÄNNER 1874.

Der Secretär legt folgende eingesendete Abhandlungen vor:

„Normale Zeiten für den Zug der Vögel und verwandte Erscheinungen“ vom Herrn Vice-Director K. Fritsch in Salzburg.

„Untersuchungen über die Tunicaten des Adriatischen Meeres“, I. Abtheilung, vom Herrn Prof. Dr. Camil Heller in Innsbruck.

„Über die bei der sauren Reaction des Harns betheiligten Substanzen“, von Herrn Dr. Jul. Donath, eingesendet durch Herrn Prof. R. Maly in Innsbruck.

Herr Dr. F. Exner legt eine Abhandlung: „Über Lösungsfiguren in Krystallflächen“ vor.

Herr Prof. Dr. S. Stern überreicht eine Abhandlung, betitelt: „Weitere Beiträge zur Theorie der Schallbildung“.

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Accademia Pontificia de' nuovi Lincei: Atti. Anno XXVI, Sessione 6ª. Roma, 1873; 4°.

Akademie der Wissenschaften, Königl. Preuss., zu Berlin: Monatsbericht. September & October 1873. Berlin; 8°.

American Chemist. Vol. IV, Nr. 6. Philadelphia, 1873; 4°.

— Journal of Science and Arts: IIIª Series. Vol. V, Nrs. 25—30; Vol. VI, Nrs. 31—34. New Haven, 1873; 8°.

Annalen der k. k. Sternwarte in Wien. Dritte Folge. XX. Band. Jahrgang 1870. Wien, 1873; 8°.

Apotheker-Verein, allgem. österr.: Zeitschrift (nebst Anzeigen-Blatt). 11. Jahrgang, 1873, Nr. 36; 12. Jahrgang, 1874, Nr. 1. Wien; 8°.

Bibliothèque Universelle et Revue Suisse: Archives des Sciences physiques et naturelles. N.P. Tome XLVIII, Nr. 191. Genève, Lausanne & Paris, 1873; 8°.

Breslau, Universität: Akademische Gelegenheitsschriften aus dem Jahre 1872/3. 4° & 8°.

Comitato, R. Geologico, d'Italia: Bollettino. Anno 1873, Nr. 11 & 12. Firenze, 1873; 8°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Tome LXXVII, Nrs. 23—25. Paris, 1873; 4°.

Cosmos di Guido Cora. V. Torino, 1873; 4°.

Gesellschaft für Meteorologie, österr.: Zeitschrift. VIII. Band, Nr. 24. Wien, 1873; 4°.

— geographische, in Wien: Mittheilungen. Bd. XVI (neuer Folge VI), Nr. 11. Wien, 1873; 8°.

— Senckenbergische naturforschende: Bericht. 1872—1873. Frankfurt a. M., 1873; 8°.

— Astronomische, in Leipzig: Vierteljahrsschrift. VIII. Jahrgang, 3. & 4. Heft. Leipzig, 1873; 8°.

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Wochenschrift. XXXIV. Jahrgang, Nr. 51—52; XXXV. Jahrgang, Nr. 1. Wien, 1873 & 1874; 4°.

Helsingfors, Universität: Akademische Gelegenheitsschriften aus dem Jahre 1872/3. 4° & 8°.

Jahrbuch über die Fortschritte der Mathematik. III. Band. Jahrgang 1871. Heft 2. Berlin, 1873; 8°.

Jahrbücher der k. k. Central-Anstalt für Meteorologie und Erdmagnetismus. N. F. VIII. Band, Jahrgang 1871. Wien, 1873; 4°.

Jahresbericht über die Fortschritte der Chemie etc. Herausgegeben von Alexander Naumann. Für 1871. 2. Heft. Giessen, 1873; 8°.

Journal für praktische Chemie, von H. Kolbe. N. F. Band VII, 1., 2. & 3. Heft. Leipzig, 1873; 8°.

Landbote, Der steierische. 6. Jahrgang, Nr. 26. Graz, 1873; 4°.

Landwirthschafts-Gesellschaft, k. k., in Wien: Verhandlungen und Mittheilungen. Jahrg. 1873, Nr. 15. Wien; 8°.

Mittheilungen aus J. Perthes' geographischer Anstalt. 19. Band, 1873. XII. Heft. Gotha; 4°.

Nature. Nrs. 216—218, Vol. IX. London, 1873 & 1874; 4°.

Osservatorio del R. Collegio Carlo Alberto in Moncalieri: Bollettino meteorologico. Vol. VIII, Nr. 7. Torino, 1873; 4°.

Reichsanstalt, k. k. geologische: Verhandlungen. Jahrgang 1873, Nr. 16. Wien; 4°.

Repertorium für Experimental-Physik etc. von Ph. Carl. IX. Band, 5. Heft. München, 1873; 8°.

Revista de Portugal e Brazil. Nr. 5. Dezembro de 1873. Lisboa; 4°.

„Revue politique et littéraire" et „La Revue scientifique de la France et de l'étranger". IIIe Année, 2e Série, Nrs. 25—27. Paris, 1873 & 1874; 4°.

Société Géologique de France: Bulletin. 3e Série, Tome Ier, 1873. Nr. 4. Paris; 8°.

— Mathématique de France: Bulletin. Tome Ier, Nr. 5. Paris, 1873; 8°.

Society, The Asiatic, of Bengal: Journal. Part I, Nr. 1. 1873; Part II, Nrs. 1—2. 1873. Calcutta; 8°. — Proceedings. Nrs. II—IV. February-March, 1873. Calcutta; 8°. — *Bibliotheca Indica.* New Series. Nrs. 271, 274—276, 278. Calcutta, 1873; 4° & 8°.

Wiener Medizin. Wochenschrift. XXIII. Jahrgang, Nrs. 51—52; XXIV. Jahrgang, Nr. 1. Wien, 1873 & 1874; 4°.

Zeitschrift des österr. Ingenieur- & Architekten-Vereins. XXV. Jahrgang, 16. Heft. — Denkschrift zur Erinnerung an die 25jährige Gründungsfeier des österr. Ingenieur- & Architekten-Vereins. Wien 1873; 4°.

Über die bei der sauren Reaction des Harns betheiligten Substanzen.

Von Dr. **Jul. Donath.**

(Aus dem med. chem. Laboratorium von Prof. Maly in Innsbruck.)

Die saure Reaction des normalen menschlichen Harns wurde bekanntlich zuerst von Liebig[1] den sauren Phosphaten zugeschrieben. Er hat gezeigt, dass man diese saure Reaction nachahmen kann, wenn man in eine Lösung von gewöhnlichem Natriumphosphat Harnsäure und Hippursäure einträgt. Dabei entsteht, wie allgemein angenommen wird, einerseits zwei Drittel saures Natriumphosphat, welches die saure Reaction bedingt, anderseits die Natriumsalze der genannten organischen Säuren.

Nach diesem Versuche mussten die früheren Annahmen von freier Essigsäure oder Milchsäure im Harn aufgegeben werden. Denn erstere konnte bisher im frischen normalen Harn nicht nachgewiesen werden; letztere dagegen ist nach Lehmann, der sie nicht selten — besonders nach lactathältigen oder amylumreichen Nahrungsmitteln — gefunden, keineswegs ein constantes Vorkommniss. Aber auch die freie Harnsäure, welche zur Erklärung der sauren Reaction herbeigezogen wurde, ehe man die Hippursäure als constanten Bestandtheil des Harns erkannt hatte, genügt nicht; weil dieser in der Regel viel saurer ist als eine heiss gesättigte Lösung dieser Säure.

Ich habe nun den Liebig'schen Versuch wiederholt und gefunden, dass derselbe, wenn man ihn weiter verfolgt, ein merkwürdiges, mit obiger Annahme auf den ersten Blick nicht übereinstimmendes Resultat ergibt.

---

[1] Ann. d. Chem. u. Pharm. L. pag. 161—196.

Löst man nämlich Hippursäure in gewöhnlichem Natriumphosphat, so erhält man eine stark saure Flüssigkeit und bemerkt dabei, wie schon Liebig gefunden, dass die Löslichkeit derselben durch die Gegenwart dieses Salzes bedeutend erhöht wird.

Versucht man aber aus dieser Lösung die darin supponirten Salze: zwei Drittel saures Natriumphosphat und Natriumhippurat durch Abdampfen zu gewinnen, so erhält man keines von beiden; sondern es resultiren nur die ursprünglichen Bestandtheile, aus welchen die Lösung bereitet wurde. Denselben Erfolg hat die Behandlung mit Alkohol oder Äther: gewöhnliches Natriumphosphat bleibt in der wässerigen Lösung, während Hippursäure in die genannten Lösungsmittel übergeht. Es musste also die Frage entstehen, ob wirklich die Hippursäure frei oder dennoch an Natrium gebunden, vorhanden sei. Die zu diesem Behufe angestellten Versuche, welche auch auf Benzoësäure und Harnsäure ausgedehnt wurden, mögen zugleich als Beitrag zum Vorgang in Lösungen dienen; sie sind in kurzem folgende:

1. Zuvörderst soll der Versuch erwähnt werden, dass man beim Einengen einer Lösung von Hippursäure und gewöhnlichem Natriumphosphat wieder die genannten Bestandtheile erhält.

Um eine vollständige Umsetzung zu zwei Drittel saurem Natriumphosphat (PO_4NaH_2) und Natriumhippurat ($C_9NH_8NaO_3$) zu ermöglichen, wurden gleiche Molecüle von $PO_4Na_2H+12H_2O$ (1·163 Grm.) und Hippursäure (0·581 Grm.) in warmem Wasser gelöst. Aus dieser stark sauren Flüssigkeit entstanden beim Verdunsten über Schwefelsäure zuerst schöne, durchsichtige Krystalle, welche sich als Hippursäure zu erkennen gaben. Zur Controle wurden sie der Elementaranalyse unterworfen; 0·290 Grm. gaben folgende Procentgehalte:

	Gefunden	Berechnet für Hippursäure
C	61·16	60·33
H	5·26	5·02

und im Platinschiffchen blieben 0·00225 Grm. Asche, welche Phosphorsäure enthielt, worin etwas Kohle eingeschmolzen war.

Aus der Mutterlauge der Hippursäure krystallisirte ein Gemenge von Hippursäure und gewöhnlichem Natriumphosphat, zuletzt nur mehr dieses Salz. Weder hippursaures Natrium, noch eine Verbindung von Hippursäure mit Natriumphosphat, ähnlich der von Harnsäure mit Natriumphosphat, welche Byasson[1] glaubt annehmen zu sollen, konnten nachgewiesen werden.

Dieselbe Reihenfolge in der Krystallisation erfolgte, wenn Hippursäure bei gewisser Temperatur in Natriumphosphatlösung im Überschuss eingetragen und das Filtrat davon im Vacuum verdunstet wurde.

2. Wenn auch im obigen Versuch durch Concentration der Lösung die Bestandtheile in ihrer ursprünglichen Form wieder erhalten wurden, so erschien es dennoch möglich, dass die nicht concentrirte Lösung die beiden Natriumsalze enthalten werde. Dies sollte durch Behandlung mit Äther entschieden werden. War die Hippursäure als Natronsalz vorhanden, so durfte Äther aus dieser Lösung keine Hippursäure aufnehmen, da hippursaures Natrium zwar in Wasser, Alkohol sehr leicht, nicht aber in Äther löslich ist. Doch es zeigte sich, dass beim Schütteln mit Äther, Hippursäure entzogen wird, selbst dann, wenn diese (etwa 1 Grm.) in eine mässig concentrirte Lösung von gewöhnlichem Natriumphosphat mit der Vorsicht eingetragen war, dass die Flüssigkeit noch entschieden alkalisch reagirte. Der Schüttelather nahm saure Reaction an und wurde er von der wässerigen Schichte abgehoben und destillirt, so hinterliess er Krystalle von Hippursäure.

Wie bedeutend die Menge derselben sein kann, zeigt noch folgender Versuch, der unter 4. wieder erwähnt werden soll. Eine Lösung von 4·253 Grm. $PO_4Na_2H+12H_2O$ und 2·1915 Grm. Hippursäure gab an Äther 0·251 Grm. Hippursäure ab. Wurde nun diese wässerige Lösung zur Trockne eingedampft und abermals mit Äther behandelt, so gaben vier Auszüge, zusammen mit dem ersten: 1·957 Grm. aschefreie Hippursäure, d. i. um

[1] Journ. de l'Anat. et de la physiol. par M. Charles Robin. 1872 p. 387.

0·2345 Grm. Hippursäure weniger als im ganzen zugesetzt worden war. Das Extrahiren mit Äther wurde nicht weiter fortgesetzt. Die vom Äther nicht gelösten Krystalle reagiren intensiv alkalisch, während die ursprüngliche Flüssigkeit stark sauer war.

Es war also auch auf diese Weise die Umsetzung von Hippursäure und gewöhnlichem Natriumphosphat in zwei Natriumsalze nicht erweisbar.

3. Nun wurde untersucht, wie sich eine Mischung von zwei Drittel saurem Natriumphosphat (PO_4NaH_2) und hippursaurem Natrium verhält, welche schon fertig zusammengebracht werden. Zeigte sie ähnliche Erscheinungen, wie sie früher bei Gemischen von Hippursäure und gewöhnlichem Phosphat beobachtet wurden, so wäre es um so weniger wahrscheinlich, dass auch bei diesen letzteren sich zwei Natronsalze in Lösung befinden.

Die Lösung von je 1 Molecül zwei Drittel saurem Natriumphosphat und hippursaurem Natrium scheidet nun beim Abdunsten wieder zuerst durchsichtige, glasglänzende, ungewöhnlich grosse Prismen von Hippursäure aus, wie man sie nur aus langsam verdunstenden Lösungen erhält. Auf glühendem Platinblech entflammen sie und hinterlassen eine Spur phosphorsäurehältiger Asche.

Es fand also hier beim Einengen eine Zerlegung des hippursauren Natriums statt, im Einklange mit den zwei ersten Versuchen.

Später erstarrte die Lösung zu einem Krystallkuchen. Um einen weiteren Beweis für die stattgehabte Zersetzung zu liefern, wurde dieser mit Weingeist behandelt; denn war noch hippursaures Natrium vorhanden, so konnte dieses leicht in Lösung gehen: nun aber nahm der Alkohol nur Hippursäure auf und hinterliess gewöhnliches Natriumphosphat.

Die Versuche 1, 2 und 3 zeigen zunächst, dass eine Lösung von Hippursäure und PO_4Na_2H einerseits, identisch ist mit einer solchen von Natriumhippurat und PO_4NaH_2 anderseits, und ferner, dass sowohl in dem einen wie in dem andern Falle sich zwar freie Hippursäure und PO_4Na_2H, aber nicht die Umsetzung zu zwei Natriumsalzen erweichen lässt. Die Bestandtheile von Versuch 3 haben sich umgesetzt zu freier Hip-

pursäure und PO_4Na_2H, also zu denen, die bei Versuch 1 und 2 direct genommen worden waren.

So klar nun und zusammenstimmend das Resultat der bisherigen Versuche war und so bestimmt sie der bisherigen Annahme von einer Natriumentziehung durch Hippursäure entgegensprachen, so war doch noch ein Punkt aufzuklären, der ihnen entgegenstand. Es ist dies die Thatsache, dass die Hippursäure in einer Lösung von gewöhnlichem Natriumphosphat reichlich sich auflöst, während sie in reinem Wasser schwer löslich ist. Diese erhöhte Löslichkeit kann man sich nur so denken, dass aus der schwer löslichen Hippursäure das leicht lösliche Natriumsalz entsteht. Wie kommt es nun aber dann, dass Abdunsten doch wieder die ursprüngliche Säure und kein Hippurat gibt, und dass ebenso Äther die Hippursäure als freie Säure entzieht? — Um diesem interessanten Dilemma näher zu kommen, wurde Versuch

4. angestellt. Man wollte sehen, in welcher Menge sich Hippursäure in gewöhnlichem Natriumphosphat löst. Ist diese erhöhte Löslichkeit durch Natriumentziehung bedingt, so musste sie moleculare Gewichtsverhältnisse zeigen, und die aufgenommene Hippursäure, nach Abzug der einfach gelösten Menge, abhängig sein von der Menge des Natriumphosphates, das ihr geboten wird. Endlich müsste dann auch das Trinatriumphosphat auf sein Molecül doppelt so viel Hippursäure in Lösung bringen als das gewöhnliche Phosphat, da es um ein Na-Atom mehr enthält. Beides war in der That der Fall.

In 30 CC. Wasser von 22° C., welches 4·253 Grm. $PO_4Na_2H + 12H_2O$ enthielt, wurde Hippursäure partienweise eingetragen, so lange sich davon löste. Zuletzt blieb Hippursäure am Boden des Gefässes, welche auch nach mehreren Tagen und häufigem Umrühren nicht mehr in Lösung ging. Nach Abzug dieser auf dem Filter gesammelten Krystalle waren 2·1915 Grm. Hippursäure verbraucht worden. Wird nun ein Atom Natrium im Dinatriumhydrophosphat von der Hippursäure gebunden, so verlangt hier die Rechnung zur Bildung von $C_9NH_8NaO_3$ 2·1265 Grm. Hippursäure. Das Phosphat hatte nur um 0·065 Grm. mehr aufgenommen. Diese können auf Rechnung der 30 CC. Wasser gebracht werden, welche für sich — nach Liebig — bei 0° 0·050 Grm.

und bei 22° gewiss etwas mehr Hippursäure zu lösen vermögen.

Ein Versuch mit PO_4Na_2 ergab, dass von 0·7785 Grm. des trockenen Salzes 1·7105 Grm. Hippursäure aufgenommen wurden, während die Rechnung zur Bildung von 2 Molecülen $C_9NH_8NaO_3$ 1·699 Grm. Hippursäure verlangt.

Es mag noch das Verhalten von Lösungen, welche auf 1 Molecül PO_4Na_2H 1 Molecül Hippursäure oder auf 1 Molecül PO_4Na_2 2 Molecüle Hippursäure enthalten, gegen unterschwefligsaures Natron erwähnt werden, welches Salz Huppert[1] als Erkennungsmittel anwendet, ob im Harn freie Säure vorhanden ist oder nicht. Diese Lösungen erzeugen nämlich in unterschwefligsaurem Natron, selbst in der Wärme, höchstens eine schwache Trübung; während freie Hippursäure eine starke Schwefelausscheidung bewirkt.

Diese letzteren Versuche zeigen, dass dennoch chemische und nicht rein physikalische Wirkung es ist, welche die Löslichkeit der Hippursäure in den beiden Phosphaten bedingt. Jedenfalls enthält eine Natriumphosphatlösung, in die Hippursäure eingetragen worden ist, hippursaures Natrium, wenn es sich auch nicht durch Krystallisation erweisen lässt. Die Affinitäten, durch welche die Hippursäure den Natriumphosphaten Metall entzieht, sind keineswegs kräftiger Art; sie kehren sich sofort um, wenn man die Lösung eindampft (Versuch 1), oder wenn man sie mit Äther (Versuch 2) oder Alkohol (Versuch 3) schüttelt. Man kann für unsere Gemische ebenso beweisen, dass sie freie Hippursäure und gewöhnliches Natriumphosphat, oder auch, dass sie Natriumhippurat und zwei Drittel saures Natriumphosphat enthalten. Beide Gemische befinden sich in einem Zustand labilen Gleichgewichts, indem bald die einen Affinitäten, bald die anderen sich geltend machen.

Offenbar finden ähnliche Verhältnisse auch beim Harn statt, und es war zu erwarten, dass, wenn Äther die Hippursäure selbst alkalischen Flüssigkeiten zu entziehen vermag, dies um so eher beim sauren Harn geschehen wird. Wurde saurer Morgenharn, von dem man einen Theil des Wassers durch Ausfrieren mittelst

[1] Arch. der Heilkunde. VIII., 354.

einer Kältemischung entfernt hatte, mit Äther geschüttelt, dieser abgehoben und destillirt; so erhielt man einen stark sauren Rückstand, der in Wasser aufgenommen, mit etwas Thierkohle entfärbt und heiss filtrirt wurde. Der rothbraune, zum Theil aus Nadeln bestehende Rückstand wog 0·127 Grm. und wurde mittelst der Nitrobenzolreaction als Hippursäure erkannt: ein Theil davon, mit concentrirter Salpetersäure abgedampft und in der Eprouvette erhitzt, entwickelte einen durchdringenden Bittermandelgeruch.

Man kann demnach daraus, dass durch blosse Behandlung mit Äther ohne Säurezusatz dem Harn Hippursäure entzogen wird, dennoch nicht folgern, dass diese Säure im freien Zustande darin vorhanden ist.

Die im Vorstehenden geschilderte Einwirkung von Hippursäure auf PO_4Na_2H liess vermuthen, dass überhaupt jede in Wasser schwer lösliche Säure, sofern nur ihr Alkalisalz löslicher ist, bei Gegenwart von Natriumphosphat eine vermehrte Löslichkeit zeigen werde. Von der Harnsäure ist dies längst bekannt, doch fand ich dies beispielsweise auch bei der Benzoësäure bestätigt. Beide Säuren zeigen ein der Hippursäure ganz analoges Verhalten. Sie lösen sich in PO_4Na_2H in einer dem Natriumbenzoat ($C_7H_5NaO_2$) und dem saurem Natriumurat ($C_5N_4H_3NaO_3$) entsprechenden Menge, und es hängt begreiflicherweise nur von dem Gehalte an Phosphat ab, wie viel von obigen Säuren aufgenommen wird.

Auch diese Lösungen mit Benzoësäure oder Harnsäure reagiren sauer; nur zeigt die Lösung der Harnsäure in PO_4Na_2H — heiss bereitet — keine so stark saure Reaction wie die der Benzoësäure und der Hippursäure, und eine noch geringere in kalt bereiteter Lösung.

Die Analogie der Benzoësäure und Harnsäure mit der Hippursäure findet sich ferner auch darin, dass sie in PO_4Na_3 in doppelt so grosser Menge löslich sind als in der äquivalenten Menge PO_4Na_2H.

Beim Eindampfen erhält man auch hier — mag die Lösung ursprünglich mit je 1 Molecül Benzoësäure (Harnsäure) und ge-

wöhnlichem Natriumphosphat, oder mit je einem Molecül Natriumbenzoat (saurem Natriumurat) und zwei Drittel saurem Natriumphosphat bereitet worden sein — immer zuerst die organische Säure und dann gewöhnliches Natriumphosphat. Doch konnte man bei der Benzoësäure schon eine geringe Menge zwei Drittel saures Phosphat in der letzten Mutterlauge auffinden, nachdem sich aus derselben vorher grosse Mengen PO_4Na_2H ausgeschieden hatten. Dem entsprechend musste sich auch etwas Natriumbenzoat ausgeschieden haben.

Noch etwas beständiger gestaltet sich das Natriumsalz bei der Harnsäure; hier erhält man schon mehr davon, aber immer noch neben überschüssiger Harnsäure. Die Menge des ausgeschiedenen Natriumsalzes scheint mit seiner Schwerlöslichkeit zuzunehmen, indem dasselbe, schon aus verdünnter Lösung herausfallend, in diesem Zustande weniger geeignet ist, sich zu Säure und Phosphat zurückzubilden.

Endlich konnte an der Benzoësäure auch das Verhalten gegen Alkohol und Äther geprüft werden. Auch hier entzog Äther dieselbe einem Gemisch von gleichen Molecülen Benzoësäure und PO_4Na_2H. Dasselbe geschah mit Weingeist bei einem Gemisch von gleichen Molecülen Natriumbenzoat und PO_4NaH_2, trotzdem der Weingeist, welcher bei weitem kein so gutes Lösungsmittel für benzoësaures wie für hippursaures Natrium ist, in grossem Überschuss angewendet worden war: der Weingeist nahm die Säure auf, und die ungelöst zurückgelassenen Krystalle waren gewöhnliches Natriumphosphat.

Es verhält sich also das zweite, beziehungsweise auch das dritte Natriumatom im Phosphat gegen Hippursäure, Benzoësäure, Harnsäure und wahrscheinlich überhaupt gegen schwächere organische Säuren ähnlich einem freien Alkali; doch wird der Gleichgewichtszustand der beiden so entstandenen Salze schon durch geringfügige äussere Veränderungen gestört, indem wieder Säure und PO_4Na_2H, beziehungsweise PO_4Na_3, zurückgebildet wird.

Innsbruck, Jänner 1874.

II. SITZUNG VOM 15. JÄNNER 1874.

Der Secretär legt folgende eingesendete Abhandlungen vor:

„Chemische Analyse der euganäischen Thermen von St. Helena bei Battaglia“ und „Untersuchung der Thermen von Trentschin-Teplitz“, beide von Hrn. Prof. Dr. F. C. Schneider.

„Bemerkung zu einem Satze aus Riemann's Theorie der Functionen einer veränderlichen complexen Grösse“, von Herrn Prof. F. Lippich in Prag.

Herr Dr. P. Langer, Aspirant an der laryngoskopischen Klinik des allgemeinen Krankenhauses in Wien, überreicht eine Abhandlung: „Über eine angeborne Bildungsanomalie im *Cavum pharyngo-nasale*“.

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Académie Royale de Copenhague: Mémoires. Classe des Lettres. Vol. IV, Nrs. 8—9. Copenhague, 1872 & 1873; 4°. Classe des Sciences. Vol. IX, Nrs. 8—9; Vol. X, Nrs. 1—2. Copenhague, 1872 & 1873; 4°. — Oversigt. 1872, Nr. 2. Kjøbenhavn; 8°. — Snorre Sturlassöns historieskrivning, en kritisk undersögelse, af Gustav Storm. Kjøbenhavn, 1873; 8°.

— des Sciences, Belles-Lettres & Arts de Lyon: Mémoires. Classe des Sciences. Tome XVIIIe. Paris & Lyon, 1871—1872; gr. 8°.

Alpen-Verein, österr.: Jahrbuch. 6. Band. Wien, 1870; 8°.

Apotheker-Verein, allgem. österr.: Zeitschrift (nebst Anzeigen-Blatt). 12. Jahrgang, Nr. 2. Wien, 1874; 8°.

Archiv der Mathematik und Physik. Gegründet von J. A. Grunert, fortgesetzt von R. Hoppe. LV. Theil, 3. Heft. Greifswald, 1873; 8°.

Beobachtungen, Schweizer. meteorologische. August, September & October 1872. Zürich; 4°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Tome LXXVII, Nr. 26. Paris, 1873; 4°.

Durège, H., Elemente der Theorie der Functionen einer complexen veränderlichen Grösse. Leipzig, 1873; 8°.

Gesellschaft, österr., für Meteorologie: Zeitschrift. IX. Band, Nr. 1. Wien, 1874; 4°.

— Naturforschende, in Zürich: Vierteljahrsschrift. XVII. Jahrgang, 1.—4. Heft. Zürich, 1872; 8°.

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Wochenschrift. XXXV. Jahrgang, Nr. 2. Wien, 1874; 4°.

Haeckel, Ernst, Die Gastraea-Theorie, die phylogenetische Classification des Thierreiches und die Homologie der Keimblätter. Jena, 1873; 8°.

Institute, The Anthropological, of Great Britain and Ireland: Journal. Vol. III, Nr. 1. London, 1873; 8°.

Journal für praktische Chemie, von H. Kolbe. N. F. Band VIII, 4. & 5. Heft. Leipzig, 1873; 8°.

Landbote, Der steierische. 7. Jahrgang, Nr. 1. Graz, 1874; 4°.

Lese-Verein, akademischer, an der k. k. Universität und steierm. landsch. technischen Hochschule in Graz: VI. Jahresbericht. Graz, 1873; 8°.

Marschall, Comes Augustus de, Nomenclator zoologicus. Vindobonae, 1873; 8°.

Nature. Nr. 219, Vol. IX. London. 1874; 4°.

Oesterreicher, T. Ritter von, Die österreichische Küstenaufnahme im adriatischen Meere. Triest, 1873; 8°.

Osservatorio del R. Collegio Carlo Alberto in Moncalieri: Bollettino meteorologico. Vol. VII, Nr. 4. Torino, 1872; 4°.

Panstenographikon. Zeitschrift für Kunde der stenographischen Systeme aller Nationen. I. Band, 3. & 4. Lieferung. Nebst Beilage: *Notae Bernenses.* Dresden, 1874; 8° & Folio.

Prestel, M. A. F., Der Boden, das Klima und die Witterung von Ostfriesland, sowie der gesammten norddeutschen Tiefebene etc. Emden, 1872; gr. 8°.

Giessen, Universität: Akademische Gelegenheitsschriften aus dem Jahre 1873. 4° & 8°.

Kasan, Universität: Bulletin et Mémoires. 1872; 1873, Nr. 2—3. Kasan, 1873; 8°.

Kiel, Universität: Schriften vom Jahre 1872. Band XIX. Kiel, 1873; 4°.

Lotos. XXIII. Jahrgang. October, November & December 1873. Prag; 8°.

Moniteur scientifique du D^teur^. Quesneville. 385e livraison. Paris, 1873; 4°.

Mittheilungen aus J. Perthes' geographischer Anstalt. 20. Band. 1874, I. Heft, Gotha; 4°.

— des k. k. techn. & administrat. Militär-Comité. Jahrg. 1873, 11. & 12. Heft. Wien; 8°.

Nature. Nr. 220, Vol. IX. London, 1874; 4°.

Onderzoekningen gedaan in het Physiologisch Laboratorium der Utrechtsche Hoogeschool. Derde Recks. II. Aflev. 3. Utrecht, 1873; 8°.

Programm, XXIV., des k. k. Staats-Gymnasiums zu Innsbruck; 4°.

Reichsanstalt, k. k. geologische: Verhandlungen. Jahrgang 1873, Nr. 16. Wien; 4°.

Revista de Portugal e Brazil. Nr. 6. Lisboa, 1873; 4°.

„Revue politique et littéraire" et „Revue scientifique de la France et de l'étranger". IIIe Année, 2e Série. Nr. 29. Paris, 1874; 4°.

Society, The Royal, of Victoria: Progress Reports and Final Report of the Exploration Committee. Melbourne, 1863; 4°.

Turkestanoff, Nicolas, Abgekürzter Kalender auf tausend Jahre. 900—1900. St. Petersburg, 1868; 4°.

Wiener Medizin. Wochenschrift. XXIV. Jahrgang, Nr. 3, Wien, 1874; 4°.

Zeitschrift des österr. Ingenieur- und Architekten-Vereins. XXV. Jahrgang, 17. & 18. Heft. Wien, 1873; 4°.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE CLASSE.

LXIX. Band.

DRITTE ABTHEILUNG.

2.

Enthält die Abhandlungen aus dem Gebiete der Physiologie, Anatomie und theoretischen Medicin.

IV. SITZUNG VOM 5. FEBRUAR 1874.

Der Secretär legt folgende eingesendete Abhandlungen vor:

„Beiträge zur Feststellung der Lagerungsformel der Allylverbindungen und der Acrylsäure.“ II.—IV. Abthlg., vom Herrn Prof. Dr. Ed. Linnemann in Brünn.

„Mineralogische Mittheilungen.“ V., vom Herrn Oberbergrathe und Professor Dr. V. Ritter v. Zepharovich in Prag.

„Bemerkung zur specifischen Wärme des Kohlenstoffes“, vom Herrn Capitular, Prof. Karl Puschl in Seitenstetten.

Herr Friedr. Wilh. Hermann Krause, Mechaniker in Wien, hinterlegt ein versiegeltes Packet zur Wahrung seiner Priorität.

Herr Prof. Dr. V. v. Lang legt die VII. Reihe der „Krystallographisch-chemischen Untersuchungen“ vom Herrn Dr. Haldor Topsöe in Kopenhagen vor.

Herr J. Puluj überreicht eine Abhandlung, betitelt: „Die Reibungsconstante der Luft als Function der Temperatur.“

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Akademie der Wissenschaften, Königl. Preuss., zu Berlin: Monatsbericht. November 1873. Berlin; 8°.

— — Königl. Bayer., zu München: Abhandlungen der historischen Classe. XII. Bandes I. Abthlg.; Abhandlungen der philos.-philolog. Classe. XIII. Bandes 1. Abthlg.; Abhandlungen der mathem.-physikal. Classe. XI. Bandes 2. Abthlg. (Nebst den betreffenden Separat-Abdrücken). München, 1873; 4°.

Apotheker-Verein, Allgem. österr.: Zeitschrift (nebst Anzeigen-Blatt). 12. Jahrgang, Nr. 3—4. Wien, 1874; 8°.

Astronomische Nachrichten. Nr. 1972 (Bd. 83. 4.) Kiel, 1874; 4°.

Ateneo Veneto: Atti. Serie II. Vol. XI. Punt. I. Venezia, 1873; 8°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Tome LXXVIII, Nrs. 2—3. Paris, 1874; 4°.

Gesellschaft der Wissenschaften, k. böhm., zu Prag: Sitzungsberichte. Nr. 7. 1873. Prag; 8°.

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Wochenschrift. XXXV. Jahrgang, Nr. 4—5. Wien, 1874; 4°.

Horsford, E. N., Report on an Investigation of the Sources of the Offensive Odors etc. Cambridge, 1873; 8°.

Institut National Genevois: Bulletin. Tome XVIII. Genève, 1873; 8°.

Istituto, R., Veneto di Scienze, Lettere ed Arti: Atti. Tomo II°. Serie IV^a, disp. 9^a—10^a; Tomo III°, Serie IV^a, disp. 1^a. Venezia, 1872—73 & 1873—74; 8°.

Jahresbericht des k. k. Ministeriums für Cultus und Unterricht für 1873. Wien, 1874; 4°.

Journal für praktische Chemie, von H. Kolbe. N. F. Band VIII, 6. & 7. Heft. Leipzig, 1873; 8°.

Landbote, Der steirische. 7. Jahrgang, Nr. 2. Graz, 1874; 4°.

Madrid, Universität: Revista. 2^a Época. Tomo I. Nr. 1—4, 6; Tomo II. Nr. 1—2. Madrid, 1873; gr. 8°.

Nature. Nrs. 221—222, Vol. IX. London, 1874; 4°.

Protokolle der Verhandlungen der permanenten Commission für Europäische Gradmessung vom 16. bis 22. September 1873 in Wien. (Als Manuscript gedruckt.) 4°.

Pellarin, Charles, Le Choléra comment il se propage et comment l'éviter, solution trouvée et publiée en 1849. Paris, 1873; 8°.

Reichsforstverein, österr.: Österr. Monatsschrift für Forstwesen. XXIV. Band. Jahrgang 1874, Februar—März-Heft. Wien; 8°.

Revista de Portugal e Brazil. Nr. 8. Janeiro de 1874. Lisboa; 4°.

„Revue politique et littéraire" et „Revue scientifique de la France et de l'étranger." IIIe Année, 2me Série, Nrs. 30—31. Paris, 1874; 4°.

Riccardi, P., Biblioteca matematica Italiana. Fasc. 1°. (Vol. II.) Modena, 1873; 4°.

Society, The Royal Astronomical: Monthly Notices. Vol. XXXIV, Nr. 2. London, 1873; 8°.

Society, The Royal Geographical: Proceedings. Vol. XVIII, Nr. 1. London, 1874; 8°.

Vierteljahresschrift, österr., für wissenschaftliche Veterinärkunde. XLI. Band, 1. Heft. Wien, 1874; 8°.

Wiener Medizin. Wochenschrift. XXIV. Jahrgang, Nr. 4—5. Wien, 1874; 4°.

Zeitschrift des österr. Ingenieur- & Architekten-Vereins. XXVI. Jahrgang, 1. Heft. Wien, 1874; 4°.

V. SITZUNG VOM 12. FEBRUAR 1874.

Der Secretär liest eine Zuschrift des k. & k. Ministeriums des Äussern vom 4. Februar, wodurch die Akademie in Kenntniss gesetzt wird, dass dem von ihr unter dem 23. Jänner gestellten Ansuchen entsprechend, der k. & k. Gesandte Graf Wimpffen in Rom bei der k. italienischen Regierung die nöthigen Schritte eingeleitet hat, damit dem mit der geologischen Durchforschung der Ostküste Italiens betrauten Custos Th. Fuchs und seinem Assistenten A. Bittner bei ihren Forschungen der möglichste Vorschub zu Theil werde.

Derselbe legt ferner folgende eingesendete Abhandlungen vor:

„Über androgyne Missbildung bei Cladoceren", vom Herrn Wilh. Kurz, Realschul-Professor in Deutschbrod, eingesendet vom Herrn Regierungsrathe Dr. Friedr. Stein in Prag.

„Über die Leitung des Schalles in Gasen", vom Herrn Dr. V. Dvořák, eingesendet durch Herrn Regierungsrath Dr. E. Mach in Prag.

„Die Geometrie auf Flächen constanter negativer Krümmung," vom Herrn Dr. Gustav v. Escherich, Assistenten für Physik am Polytechnikum in Graz.

„Zur Kenntniss des Wachsthums von *Fissidens*" vom Herrn Prof. Dr. Hubert Leitgeb in Graz.

Herr Director Dr. Jos. Stefan überreicht eine Abhandlung: „Zur Theorie der magnetischen Kräfte."

An Druckschriften wurden vorgelegt:

American Chemist. Vol. IV, Nr. 7. Philadelphia, 1874; 4°.

Annalen (Justus Liebig's) der Chemie und Pharmacie. N. R. Band 94, Heft 3. Leipzig & Heidelberg. 1873; 8°.

Astronomische Nachrichten. Nr. 1973 (Bd. 83. 5.) Kiel, 1874; 4°.

Bibliothèque Universelle et Revue Suisse: Archives des Sciences physiques et naturelles. N. P. Tome XLVIIIe, Nr. 192. Genève, Lausanne, Paris, 1873; 8°.

Commission de météorologie de Lyon: Observations météorologiques faites à l'Observatoire de Lyon du 1er Décembre 1870 au 1er Décembre 1871. (1871.) 28e Année. 8°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Tome LXXVIII, Nr. 4. Paris, 1874; 4°.

Genootschap, Bataviaasch, van Kunsten en Wetenschappen: Tijdschrift. Deel XX (Zevende Serie. Deel I.) Aflev. 4—6. Batavia, 's Hage, 1872 & 1873; 8°. — Notulen. Deel X. 1872, Nr. 4; Deel XI. 1873, Nr. 1. Batavia, 1873; 8°. — Alphabetische lijst van land- zee- rivier- wind- storm- en andere Kaarten. Batavia, 'S Hage, 1873; 8°.

Geschichte der Wissenschaften in Deutschland. Neuere Zeit. X. Band. 2. & 3. Abthlg. Entwickelung der Chemie von Hermann Kopp. 2. & 3. Abthlg. München, 1873; 8°.

Gesellschaft, Schlesische, für vaterländische Cultur: Abhandlungen der philos.-histor. Abtheilung 1872/73; Abhandlungen für Naturwissenschaften und Medicin. 1872/73. Breslau, 1873; 8°. — L. Jahres-Bericht. Breslau, 1873; 8°. — österr., für Meteorologie: Zeitschrift. IX. Band, Nr. 3. Wien, 1874; 4°.

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Wochenschrift. XXXV. Jahrgang. Nr. 6. Wien, 1874; 4°.

Gylden, Hugo, Ableitung der Declinationen aus den am Verticalkreise der Pulkowaer Sternwarte in den Jahren 1842—1849 angestellten Beobachtungen etc. St. Petersburg, 1873; 4°.

Instituut, Koninkl., voor de taal-, land- en volkenkunde von Nederlandsch-Indië: Bijdragen. III. Volgreeks. VIII. Deel. 2. Stuk. 'S Gravenhage, 1873; 8°.

Landbote, Der steirische. 7. Jahrgang, Nr. 3. Graz, 1874; 4°.

Landwirthschafts-Gesellschaft, k. k., in Wien: Verhandlungen und Mittheilungen. Jahrgang 1874, Nr. 1. Wien; 4°.

Mittheilungen des k. k. techn. & administr. Militär-Comité. Jahrgang 1874, 1. Heft. Wien; 8°.

Nature. Nr. 223, Vol. IX. London, 1874; 4°.

Reichsanstalt, k. k. geologische: Abhandlungen. Band V, Heft Nr. 6. Wien, 1873; Folio. — Jahrbuch. Jahrgang 1873. XXIII. Band, Nr. 4. Wien; 4°. — Verhandlungen. Jahrgang 1873, Nr. 17 & 18; Jahrgang 1874, Nr. 1 & 2. Wien; 4°. — Catalog der Ausstellungs-Gegenstände bei der Wiener Weltausstellung 1873. Wien; 8°. — Erläuterungen zur geologischen Karte der Umgebung Wiens. Von Th. Fuchs. Wien, 1873; 8°.

„Revue politique et littéraire" et „Revue scientifique de la France et de l'étranger." IIIe Année, 2e Série, Nr. 32. Paris, 1874; 4°.

Società degli Spettroscopisti Italiani: Memorie. 1873, Disp. 9^a—10^a. Palermo; 4°.

Société Impériale des Naturalistes de Moscou: Bulletin. Année 1873. Nr. 3. Moscou, 1874; 8°.

Society, The Geological, of Glasgow: Transactions. Palaeontological Series, Part I. Glasgow; 4°.

Topsöe, Haldor, & C. Christiansen, Recherches optiques sur quelques séries de substances isomorphes. Paris, 1874; 8°.

Verein, Entomologischer, in Berlin: Berliner Entomologische Zeitschrift. XVII. Jahrgang (1873), 1. & 2. Vierteljahrsheft. Berlin; 8°.

Walker, J. T. Account of the Operations of the Great Trigonometrical Survey of India. Vol. I. The Standards of Measure and the Base-Lines. Dehra Doon, 1870; 4°.

Wiener Medizin. Wochenschrift. XXIV. Jahrgang, Nr. 6. Wien, 1874; 4°.

VI. SITZUNG VOM 26. FEBRUAR 1874.

Der Präsident gibt Nachricht von dem am 16. Februar l. J. erfolgten Ableben des ausländischen correspondirenden Mitgliedes, des Herrn Dr. Lambert Adolphe Jacques Quetelet, Directors der Sternwarte zu Brüssel.

Sämmtliche Anwesende geben ihr Beileid durch Erheben von den Sitzen kund.

Der Secretär legt folgende eingesendete Abhandlungen vor:

„Beiträge zur Kenntniss der Gesteine Süd-Grönlands", vom Herrn Dr. Karl Vrba in Prag, eingesendet durch Herrn Prof. v. Zepharovich.

„Die Axenbestimmung der Kegelflächen zweiten Grades", vom Herrn Karl Pelz, Assistenten der descriptiven und neueren Geometrie am deutschen Polytechnikum in Prag.

„Studien über erd-magnetische Messungen", vom Herrn Dr. Karl Braun, S. J. zu Kalksburg.

„Über Raumcurven siebenter Ordnung", vom Herrn Eduard Weyr in Paris.

Der Secretär stellt den Antrag, dass dem correspond. Mitgliede, Herrn Prof. Poggendorff in Berlin, aus Anlass der am 28. Februar zu begehenden 50jährigen Jubelfeier des Bestandes der von demselben herausgegebenen „Annalen der Physik und Chemie" der freudige Antheil der Classe durch ein Beglückwünschungs-Telegramm kundgegeben werde. Dieser Antrag wird einstimmig genehmigt.

Herr Regierungsrath Dr. K. v. Littrow berichtet über die am 20. Februar vom Herrn Hofrathe Winnecke zu Strassburg gemachte Entdeckung eines neuen teleskopischen Kometen.

Herr Dr. Adolf Bernhard Meyer legt eine Abhandlung: „Über neue und ungenügend bekannte Vögel von Neu-Guinea", vor.

Herr Dr. F. Exner überreicht eine von ihm gemeinschaftlich mit Herrn W. C. Röntgen verfasste Abhandlung: „Über eine Anwendung des Eiscalorimeters zur Bestimmung der Intensität der Sonnenstrahlung."

Herr Dr. Friedrich Brauer macht eine vorläufige Mittheilung über die Entwicklung und Lebensweise des *Lepidurus productus* Bosc. im Vergleiche mit jener des *Apus cancriformis*.

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Accademia Pontificia de' nuovi Lincei: Atti. Tomo III. Anno III. (1849—50). Roma, 1873; 4°.

Akademie, Südslavische, der Wissenschaften und Künste: Rad. Knjiga XXV. U Zagrebu, 1873; 8°.

American Association for the Advancement of Science: Proceedings. XXIth Meeting, held at Dubuque, Iowa. August, 1872. Cambridge, 1873; 8°.

Annalen (Justus Liebig's) der Chemie und Pharmacie. N. R. Band 95, Heft 1. Leipzig & Heidelberg, 1874; 8°.

Annuario marittimo per l'anno 1874. Trieste; 8°.

Apotheker-Verein, Allgem. österr.: Zeitschrift (nebst Anzeigen-Blatt). 12. Jahrgang. Nr. 5—6. Wien, 1874; 8°.

Archiv der Mathematik und Physik. Gegründet von J. A. Grunert, fortgesetzt von R. Hoppe. LV. Theil, 4. Heft. Leipzig, 1873; 8°.

Astronomische Nachrichten. Nr. 1974—1975 (Bd. 83. 6—7.) Kiel, 1874; 4°.

Bibliothèque Universelle et Revue Suisse: Archives des sciences physiques et naturelles. N. P. Tome XLIXe. Nr. 193. Genève, Lausanne, Paris, 1874; 8°.

Billroth, Theodor, Untersuchungen über die Vegetationsformen von *Coccobacteria septica* und den Antheil, welchen sie an der Entstehung und Verbreitung der accidentellen Wundkrankheiten haben. Berlin, 1874; Folio.

Bulletin of the United States Geological and Geographical Survey of the Territories. Nr. 1. Washington, 1874; 8°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Tome LXXVIII, Nrs. 5—6. Paris, 1874; 4°.

Cosmos di Guido Cora. VI. Torino, 1874; 4°.

Fresenius, R., Analyse des Deutsch-Kreutzer Sauerbrunnens. Wiesbaden, 1874; 8°.

Gesellschaft, Berliner medicinische: Verhandlungen aus den Jahren 1871, 1872, 1873. Band IV. Berlin, 1874; 8°.

— böhmische chemische: Berichte. II. Jahrgang, 1. Heft. Prag, 1874; 8°. (Böhmisch.)

— k. bayer. botan., in Regensburg: Flora. N. R. 31. Jahrgang, Regensburg, 1873; 8°. — Repertorium der periodischen botanischen Literatur. IX. Jahrgang 1872. Regensburg, 1873; 8°.

— österr., für Meteorologie: Zeitschrift. IX. Band, Nr. 4. Wien, 1874; 4°.

— k. k. geographische, in Wien: Mittheilungen. Band XVII (neuer Folge VII), Nr. 1. Wien, 1874; 8°.

— Deutsche, für Natur- und Völkerkunde Ostasiens: Mittheilungen. 3. Heft. September 1873. Yokohama; 4°.

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Wochenschrift. XXXV. Jahrgang, Nr. 7—8. Wien, 1874; 4°.

Institut Égyptien: Bulletin. Année 1872—1873. Nr. 12. Alexandrie, 1873; 8°.

Journal für praktische Chemie, von H. Kolbe. N. F. Band VIII, 8. & 9. Heft. Leipzig, 1874; 8°.

Landbote, Der steirische. 7. Jahrgang, Nr. 4. Graz, 1874; 4°.

Landwirthschafts-Gesellschaft, k. k., in Wien: Verhandlungen und Mittheilungen. Jahrgang 1874, Nr. 2. Wien; 4°.

Lotos. XXIV. Jahrgang. Jänner 1874. Prag; 8°.

Mittheilungen, Mineralogische, von G. Tschermak. Jahrgang 1873, Heft 4. Wien; gr. 8°.

— aus J. Perthes' geographischer Anstalt. 20. Band, 1874. Heft II. Nebst Ergänzungsheft Nr. 35. Gotha; 4°.

Moniteur scientifique du Dr Quesneville. 386e Livraison. Paris, 1874; 4°.

Museum-Verein, Siebenbürgischer: Erdelényi Muzeum. 1874. 1. Sz. Klausenburg; 8°.

Nature. Nrs. 224—225. Vol. IX. London, 1874; 4°.

Naturforscher-Verein zu Riga: Arbeiten. N. F. V. Heft. Riga, 1873; 8°.

Repertorium für Experimental-Physik etc. Von Ph. Carl IX. Band, 6. Heft. München, 1873; 8°.

Revista de Portugal e Brazil. Nr. 9. Lisboa, 1874; 4°.

„Revue politique et littéraire“ et „Revue scientifique de la France et de l'étranger. IIIe Année, 2e Série, Nrs. 33—34. Paris, 1874; 4°.

Smithsonian Institution: Annual Report. For the Year 1871. Washington, 1873; 8°. — Smithsonian Miscellaneous Collections. Vol. X. Washington, 1873; 8°.

Società degli Spettroscopisti Italiani: Memorie. 1873, disp. 11^a. Palermo, 1873; 4°.

Société des Sciences naturelles de Neuchatel: Bulletin. Tome IX, 3e Cahier. Neuchatel, 1873; 8°.

— Botanique de France: Bulletin. Tome XIXe 1872. Session extraordinaire, Juillet 1872; Tome XXe. 1873. Revue bibliogr. C—D; Liste des membres. 1er Février 1874. Paris; 8°.

— de Biologie: Comptes rendus des séances et Mémoires. Tomes IIIe—V^e de la IVe Série. (Années 1866, 1867, 1868); Tomes Ier—IIIe de la Ve Série. (Années 1869, 1870—1871.) Paris, 1870—1873; 8°.

Society, The Royal Astronomical: Monthly Notices. Vol. XXXIV, Nr. 1. London, 1873; 8°.

Wiener Medizin. Wochenschrift. XXIV. Jahrgang, Nr. 7—8. Wien, 1874; 4°.

Zeitschrift des österr. Ingenieur- und Architekten-Vereins. XXVI. Jahrgang, 2. Heft. Wien, 1874; 4°.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE CLASSE.

LXIX. Band.

DRITTE ABTHEILUNG.

3.

Enthält die Abhandlungen aus dem Gebiete der Physiologie, Anatomie und theoretischen Medicin.

VII. SITZUNG VOM 12. MÄRZ 1874.

Herr K. Puschl, Capitular des Benedictinerstiftes Seitenstetten, übersendet eine Abhandlung: „Über Körperwärme und Ätherdichte".

Herr Hofrath Dr. E. v. Brücke überreicht eine „Vorläufige Mittheilung über die Quelle der Magensaftsäure", vom Herrn Prof. R. Maly in Innsbruck.

Herr Regierungsrath Dr. Th. v. Oppolzer übergibt eine Abhandlung, betitelt: „Das Schaltbrett der österreichischen Gradmessung".

Herr Prof. Dr. Jos. Boehm legt eine Abhandlung: „Über die Stärkebildung in den Keimblättern der Kresse, des Rettigs und des Leins" vor.

Herr Dr. H. Streintz übergibt eine Abhandlung: „Über die Dämpfung der Torsionsschwingungen von Drähten".

Herr Custos Dr. A. Schrauf überreicht eine von ihm, gemeinschaftlich mit Herrn Edw. Dana ausgeführte Arbeit, betitelt: „Notiz über die thermoëlektrischen Eigenschaften von Mineralvarietäten".

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Accademia Pontificia de' nuovi Lincei: Atti. Anno XXVII, Sess. 1ª. Roma, 1874; 4°.

Akademie der Wissenschaften, Königl. Preuss., zu Berlin: Monatsbericht. December 1873. Berlin, 1874; 8°.

American Academy of Arts & Sciences: Memoirs. N. S. Vol. IX, Part 2. Cambridge, 1873; 4° — Proceedings. Vol. VIII, Sign. 52—63. 8°.

— Chemist. Vol. IV, Nr. 8. Philadelphia, 1874; 4°.

Annales des mines. VIIe Série. Tome IV. 4e Livraison de 1873. Paris; 8°.

Apotheker-Verein, allgem. österr.: Zeitschrift (nebst Anzeigen-Blatt). 12. Jahrgang, Nr. 7—8. Wien, 1874; 8°.

Astronomische Nachrichten. Nr. 1976—1977. (Bd. 83. 8—9.) Kiel, 1874; 4°.

Boston Society of Natural History: Memoirs. Vol. II. Part. II, Nrs. 2—3. Boston, 1872—1873; 4°. — Proceedings. Vol. XIV, Sign. 15—27; Vol. XV. Parts 1—2. Boston, 1872—1873; 8°.

California Academy of Sciences: Proceedings. Vol. V, Part. 1. 1873. San Francisco; 8°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Tome LXXVIII, Nrs. 7—8. Paris, 1874; 4°.

Essex Institute: Bulletin. Vol. IV, Nrs. 1—12. Salem, 1872; 8°.

Gesellschaft der Wissenschaften, kgl. böhmische, in Prag. Sitzungsberichte. Jahrgang 1873. Nr. 8. Prag; 8°.

— k. k. mähr.-schles., zur Beförderung des Ackerbaues, der Natur und Landeskunde in Brünn: Mittheilungen. 1873. LIII. Jahrgang. Brünn; 4°.

— k. k. zoologisch-botanische, in Wien: Verhandlungen. Jahrgang 1873. XXIII. Band. Wien; 8°.

— österr., für Meteorologie: Zeitschrift. IX. Band, Nr. 5. Wien, 1874; 4°.

— k. k., der Ärzte: Medizinische Jahrbücher. Redigirt von S. Stricker. Jahrgang 1874. 1. Heft. Wien; 8°.

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Wochenschrift. XXXV. Jahrgang. Nr. 9—10. Wien, 1874; 4°.

Halle, Universität: Akademische Gelegenheitsschriften aus dem Jahre 1873. 4° & 8°.

Isis: Sitzungsberichte. Jahrgang 1873, Nr. 4—12. Dresden, 1874; 8°.

Jahresbericht über die Fortschritte der Thierchemie. Herausgegeben von Richard Maly. II. Band. Für das Jahr 1872. Wien, 1874; 8°.

Journal für praktische Chemie, von H. Kolbe. N. F. Band IX, 1. Heft. Leipzig, 1874; 8°.

Küstenkarten des Adriatischen Meeres. Nr. 16—23, 27—30. Folio.

Landbote, Der steirische: 7. Jahrgang, Nr. 5. Graz, 1874; 4°.

Mittheilungen des k. k. techn. & administrat. Militär-Comité. Jahrgang 1874, 2. Heft. Wien; 8°.

Moniteur scientifique du D^teur^ Quesneville. 387e Livraison. Paris, 1874; 4°.

Nachrichten über Industrie, Handel und Verkehr aus dem statistischen Departement im k. k. Handels-Ministerium. IV. Band, 1. Heft. Wien, 1874; 4°.

Nature. Nrs. 223—227, Vol. IX. London, 1874; 4°.

Osservatorio del R. Collegio Carlo Alberto in Moncalieri: Bullettino meteorologico. Vol. VIII, Nr. 8. Torino, 1874; 4°.

Reichsanstalt, k. k. geologische: Verhandlungen. Jahrgang 1874, Nr. 3. Wien; 4°.

„Revue politique et littéraire" et „Revue scientifique de la France et de l'étranger". IIIe Année, 2me Série, Nrs. 35—36. Paris, 1874; 4°.

Società degli Spettroscopisti Italiani: Memorie. 1873. Disp. 12^a^. Palermo; 4°.

Societas Entomologica Rossica: Horae. T. IX. Nr. 3—4. Petropoli, 1873; 8°.

Société Entomologique de Belgique: Annales. Tome XVIe. Bruxelles, Paris, Dresde, 1873; 8°.

Wiener Medizin. Wochenschrift. XXIV. Jahrgang, Nr. 9—10. Wien, 1874; 4°.

Wisconsin Academy of Sciences, Arts, and Letters: Transactions. 1870—2. Madison, Wis., 1872; 8°.

Wolf, Rudolf, Astronomische Mittheilungen. XXXIV. December 1873. 8.

Zeitschrift des österr. Ingenieur- & Architekten-Vereins. XXVI. Jahrgang. 3.—4. Heft. Wien, 1874; 4°.

Über die Quelle der Magensaftsäure,

ein Capitel aus einer längeren, die chemischen Verhältnisse der Verdauung betreffenden Untersuchung.

Von Prof. **Maly** in Innsbruck.

(Vorläufige Mittheilung.)

Genügend zahlreiche Untersuchungen verschiedener Autoren haben zu constatiren vermocht, dass der Magensaft sowohl freie Milchsäure als auch freie Chlorwasserstoffsäure enthalten kann. Die letztere wurde am vollständigsten, bis zur Atomgewichtsbestimmung der Säure gehend, von Lehmann constatirt, während Bidder und C. Schmidt (Verdauungssäfte und Stoffwechsel, Mitau und Leipzig 1852) durch Bestimmung der Gesammtmenge des Chlors und der sämmtlichen vorhandenen Basen zeigten, dass (in den von ihnen untersuchten Fällen wenigstens) das Aequivalent des Chlors jenes der gesammten Basen $+NH_4$ übertraf, dass also bestimmt ungesättigte Salzsäure vorhanden war.

Weit weniger, als über die Zusammensetzung des Magensaftes, hat man sich über die Frage ausgesprochen, welche Mittel wohl der Organismus besitzen möge, freie Säuren, speciell freie HCl zu produciren. Nur Brücke hat dies ins Auge gefasst (Sitzb. Wien. Ak. XXXVI) und nimmt an, es seien Kräfte wirksam, welche die Säuren nach der einen, die Basen nach der anderen Seite treiben. Diese Voraussetzung stimmt zunächst damit, dass vorwiegend nur die innere Magenoberfläche, nicht die Drüsenschichte selbst sauer reagirt.

Es schien mir, dass diese Hypothese, die man kurz die der elektrolytischen Säurebildung nennen könnte, noch in einem ge-

wissen Sinne der Prüfung zugänglich sein könne. Wird nämlich die Säure, speciell die Salzsäure, nach der Mageninnenfläche dirigirt, so muss das Aequivalent freier Base irgendwo anders auftreten, was man um so mehr zu vermuthen Ursache hat, als man weiss, wie rasch der Organismus fremde lösliche Substanzen auszuscheiden und den Normalzustand herzustellen weiss. Man konnte dabei an Galle, Darmsäfte oder auch an den Harn denken. Bence Jones und dann auch Roberts haben schon angegeben, dass nach der Mahlzeit beim Menschen der Harn am wenigsten Säure enthalte, neutral oder auch alkalisch werde; eine Erscheinung, die, wie ich constatirte, bei manchen Individuen auf das Überraschendste eintritt, wenn man den Harn partienweise nach der Mahlzeit auffängt. Zu reinen Schlüssen sind jedoch die Verhältnisse bei der Verdauung einer Mahlzeit zu complicirt; auch kann man die zu Carbonaten verbrennenden organischsauren Alkalisalze nicht ausschliessen. Ich habe desshalb am nüchternen Thiere (Hund) einen Erguss von Magensaft zu veranlassen und darauf den Einfluss auf die Reaction im Harne zu beobachten versucht.

Die Magenmucosa wurde durch mittelst Schlundsonde eingeführte Substanzen — Knochenpulver, Pfeffer etc. — gereizt. Da aber im leeren Magen die secernirte Säure nicht zu Zwecken der Verdauung verbraucht, und also wieder aufgesaugt werden könnte, wodurch der Folge-Effect ausgeglichen würde, so wurde Sorge getragen, der Säure diese Möglichkeit zu benehmen. Dies gelingt dadurch, dass man zugleich einen indifferenten, unlöslichen und unschädlichen Körper in den Magen bringt, der die Salzsäure zu einer neutralen Substanz bindet. Kohlensaurer Kalk, dergleichen Magnesia, 3 basisch phosphorsaurer Kalk, Eisenhydroxyd eignen sich hiezu. Eine lange Reihe solcher Versuche an Hunden ergab constant, dass der vorher saure Harn entweder neutral, zumeist aber alkalisch wurde, und zwar häufig so stark, dass Lakmus dunkel geblaut wurde, wie von einer Lauge. Nach 2 oder 3 Stunden kehrte die ursprüngliche Harnreaction zurück. In allen Versuchen wurde Acidität und Alkalität des Harns titrirt (mit Oxals. 10 Grm. im Liter). Beispielsweise sei eine der vielen Beobachtungen hier mitgetheilt.

Hündin, 22 Stunden nüchtern.

h. 10·50 Blase entleert; Harn sauer. Auf 20 CC. zur Neutralisat. verbraucht 1·1 CC. Alkali.

h. 11·0 Injection von in Wasser aufgeschlemmtem $CaCO_3$ mittelst Schlundsonde in den Magen.

h. 11·20 Blase entleert, Harn intensif alkalisch.

h. 12·0 „ „ Harn alkalisch, beträgt mit dem vorigen (11·20 h.) zusammen 16·5 CC. Zu seiner Neutralisat. wurden verbraucht 3·8 CC. Säure.

h. 12·40 Blase entleert. Harn nur mehr wenig alkalisch. Auf 11 CC. verb. 0·3 CC. Säure. Von nun an Harn wieder sauer.

Mehr als 20 derlei Versuche verliefen ganz ähnlich. Es hat sich gezeigt, dass das Einführen einer Schlundsonde schon einen genügenden Reiz abgibt, so dass durch diese keine weitere scharfe Substanz, sondern nur ein Säuretilgungsmittel eingeführt zu werden braucht.

Man könnte den Einwurf machen, dass die zugeführten Kalksalze etc. allein die Nieren zur Production eines alkalischen Harns verleiten möchten und dass die Säure-Entziehung im Magen dabei unbetheiligt sei. Aber diess ist nicht der Fall, denn die verschiedensten Säuretilger verhalten sich ähnlich. Ja, wenn man jede fremde Substanz ausschliesst und durch einfache Wegnahme (mechanisch) das Experiment modificirt, so ist doch das Resultat das gleiche. Es wurde dies an einem Magenfistelhunde constatirt. Das Thier bekam nach der Reinigung des Magens von Schleim (durch die Canüle aus), um unter möglichst normalen Verhältnissen einen Reiz auf den Magen auszuüben, ein paar kleine Stückchen ausgesottenes Rindfleisch zu essen. Darauf wurde sofort an die Canüle ein kleiner mit einem Rohr versehener Kautschukballon befestigt. Aller Saft fliesst dann dahinein und wird so dem Organismus rein entzogen, während die Fleischstückchen zurückbleiben. Nach einiger Zeit wird der Ballon mit Inhalt entfernt, die Canüle geschlossen und der Harn stündlich abgenommen. Man findet ihn, wie bei den vorigen Versuchen, nach kurzer Zeit und wieder vorübergehend alkalisch werden.

Demnach steht fest, dass consecutiv nach Hervorrufung von Magensaft der Harn einen Überschuss an Alkali ausscheidet. Es wirft sich die Frage auf, kann diese Erscheinung noch auf ein anderes Verhalten bei der Magensäurebildung zurückgeführt werden, als auf das einer Dissociations-Erscheinung?

Setzen wir den Fall, die Magenmucosa vermöge Milchsäure zu produciren aus dem ihr zugeführten Blutmateriale, und weiter, es vermöge diese Säure die neutralen Chloride, speciell NaCl, zu zerlegen. Auch in diesem Falle bekäme man freie HCl, wird aber dann auch der Harn alkalisch werden können, resp. wird dann auch an irgend einem zweiten Orte eine postchronische Alkalisecretion folgen können oder müssen?

Wenn die freie Milchsäure partiell (anders kann man sich eine solche Wirkung auf keinen Fall denken) die neutralen Chloride dissociirt, so haben wir im Magensaft nothwendig 4erlei Körper:

$$2\,NaCl + 2\,C_3H_6O_3 = NaCl + C_3H_6O_3 + HCl + C_3H_5NaO_3$$

Milchsäure — Na lactat

vorher — nachher

1 2 3 4

Obwohl in diesem Falle gegenüber der elektrolytischen Zerlegung die Sättigungscapacität der Gesammtheit der Säfte durch wirkliche Säure b i l d u n g (Milchsäure) für Säuren grösser geworden sein muss, und kein Alkali secundär irgend wohin dirigirt worden ist, so muss doch auch hier d e r Effect bei der Neutralisation des Magensaftes auftreten, der wirklich im Harne beobachtet worden ist. Denn von den Saftcomponenten ist 1 neutral und 3 wird es durch das eingeführte Säure-Tilgungsmittel; 4 ist, 2 wird zu Lactat und da Lactate in der Blutbahn in Carbonate überzugehen vermögen, müssen sie ebenfalls den Harn alkalisiren.

Man sieht, obwohl diese zweite Art der Säurebildung im Chemismus des Magens weit ab von der elektrolytischen steht, sofern dabei die Milchsäure-Production das Primäre ist, lässt sich die beobachtete Erscheinung dennoch damit gut deuten.

Die Prüfung, ob Milchsäure die Chloride zu dissociiren vermag, bildete die erste Beobachtungsreihe der hier referirten Versuche. Chemisch gelingt dies nicht, man hat bekanntlich kein Reagens auf HCl in einer sauren, Chloride haltenden Lösung. Aber die Diffusion führte zum Ziel. Man schichtet auf den Boden eines hohen Glascylinders ein Gemisch von verdünnter Milchsäure und Kochsalzlösung, und darüber bis zur Mündung destillirtes Wasser mit der Vorsicht, dass man zuerst noch die beiden Schichten mit dem Auge erkennt. Die Flüssigkeit bleibt 2 bis 10 Tage sich selbst überlassen; enthält sie HCl so muss sich dies zeigen, denn HCl diffundirt mehr als zweimal so rasch wie NaCl (Graham); es muss dann in den oberen Schichten mehr Cl sein als dem Na æquivalent ist, und umgekehrt muss in den untersten Schichten mehr Natrium sich finden, als dem daselbst vorfindlichen Chlor æquivalent ist. Diese Vermuthung hat der Versuch vollständig bestätigt, sie sogar übertroffen; in acht Versuchen, wobei die obersten und untersten Schichten (die mittleren wurden beseitigt) separat mit grosser Sorgfalt analysirt worden sind, zeigte sich, dass sowohl NaCl als auch KCl, $CaCl_2$ und $MgCl_2$ durch Milchsäure unter Salzsäure-Entwicklung theilweise zerlegt wird; denn immer war oben mehr Chlor, als dem Metalle äquivalent war.

Es ist daher constatirt, dass im gefüllten Magen, der Amylacea und damit auch Milchsäure enthält, eine Bildung freier HCl auf die angegebene Weise stattfinden kann.

Für den Magensaft des nüchternen Magens würde eine solche Säurebildung voraussetzen, dass der Saft primär Milchsäure enthält, die etwa unter Vermittlung eines Fermentes im Magen aus Blutbestandtheilen gebildet werden kann.

Ich werde in einer nächsten Mittheilung auseinanderzusetzen mir erlauben, dass in der That unter Vermittlung der Magenmucosa aus Kohlehydraten unzen- und pfundweise Milchsäure erzeugt werden kann, und dass sie eine Säuerung auch im Blutserum bewirkt, dass dies aber nur die Schleimhaut nach dem Tode zu thun vermag, während ihr im lebenden Zustande diese Fähigkeit abgeht. Der Magensaft des nüchternen Magens erhält seine HCl demnach ohne Vermittlung von Milchsäure.

VIII. SITZUNG VOM 19. MÄRZ 1874.

Der Präsident gibt Nachricht von dem am 14. März zu Hannover erfolgten Ableben des ausländischen correspond. Mitgliedes, des Herrn Dr. Johann Heinrich von Mädler, kais. russ. wirkl. Staatsrathes, emerit. Professors und Directors der Sternwarte zu Dorpat.

Sämmtliche Anwesende geben ihr Beileid durch Erheben von den Sitzen kund.

Der Secretär legt folgende eingesendete Abhandlungen vor:

„Zur Lehre vom Lichtsinne. IV. Mittheilung: Über die sogenannte Intensität der Lichtempfindung und über die Empfindung des Schwarzen", vom Herrn Prof. Dr. Ew. Hering in Prag.

„Über den Gleichgewichtssinn". III. Mittheilung, vom Herrn Regierungsrathe Dr. E. Mach in Prag.

„Beitrag zur Kenntniss der Versteinerungen aus dem Kohlengebirge Ober-Schlesiens", vom Herrn Dr. Ottokar Feistmantel, Assistenten am mineralogischen Museum der Universität Breslau.

„Über die Bessel'schen Functionen", vom Herrn Leop. Gegenbauer, d. Z. in Berlin.

Herr Dr. A. Boué theilt den Inhalt seiner Abhandlung mit: „Über den Begriff und die Bestandtheile einer Gebirgskette, insbesondere über die sogenannten Urketten, sowie über die Vergleichung der Gebirgs-Systeme der Erd- und Mond-Oberfläche."

Herr Dr. Kratschmer überreicht eine Abhandlung: „Weitere Versuche betreffs der Behandlung des *Diabetes mellitus*".

Herr Prof. Dr. S. Schenk legt eine Abhandlung: „Der Dotterstrang der Plagiostomen" vor.

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Archiv der Mathematik und Physik. Gegründet von J. A. Grunert, fortgesetzt von R. Hoppe. LVI. Theil, 1. Heft. Leipzig, 1874; 8°.

Astronomische Nachrichten. Nr. 1978 (Bd. 83. 10.). Kiel, 1874; 4°.

Bibliothèque Universelle et Revue Suisse: Archives des Sciences physiques et naturelles. N. P. Tome XLIX. Nr. 194. Genève, Lausanne, Paris, 1874; 8°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Tome LXXVIII, Nr. 9. Paris, 1874; 4°.

Erlangen, Universität: Akademische Gelegenheitsschriften aus dem Jahre 1873. 4° & 8°.

Gasthuis, Nederlandsch, voor Ooglijders: XIV^de^ jaarlijksch Verslag. Utrecht, 1873; 8°.

Gesellschaft, k. k. geographische, in Wien: Mittheilungen. Band XVII (neuer Folge VII) Nr. 2. Wien, 1874; 8°.

— physikal.-medicin., in Würzburg: Verhandlungen. N. F. V. Band, 4. (Schluss-)Heft. Würzburg, 1874; 8°.

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Wochenschrift. XXXV. Jahrgang, Nr. 11. Wien, 1874; 4°.

Henwood, William Jory, Observations on the Detrital Tin-Ore of Cornwall. Truro, 1873; 8°.

Institut, geodätisches: Publicationen. Beobachtungen mit dem Bessel'schen Pendel-Apparate in Königsberg und Güldenstein. Von C. F. W. Peters. Hamburg, 1874; 4°.

Jahrbuch, Neues, für Pharmacie & verwandte Fächer, von Vorwerk. Band XL, 4., 5. & 6. Heft. Speyer, 1873; 8°.

Journal für praktische Chemie, von H. Kolbe. N. F. Band IX, 2. & 3. Heft. Leipzig, 1874; 8°.

Maschek, Luigi, Manuale del Regno di Dalmazia, per l'anno 1874. Anno IV. Zara, 1874; 8°.

Nature. Nr. 228, Vol. IX. London, 1874; 4°.

Nedswetzky, Eduard, Zur Mikrographie der Cholera. Dorpat, 1874; 8°.

North Church and Society: The first Centenary of the, — in Salem, Massachusetts. Salem, 1873; 8°.

Reichsanstalt, k. k. geologische: Verhandlungen. Jahrgang 1874. Nr. 4. Wien; 4°.

„**Revue** politique et littéraire“ et „Revue scientifique de la France et de l'étranger“. IIIe Année, 2me Série, Nr. 37. Paris, 1874; 4°.

Ross, Alexander Milton, The Butterflies and Moths of Canada. Toronto, 1873; kl. 8°.

Secchi, P. Angelo, Sulla distribuzione delle protuberanze intorno al disco solare e loro relazione colle macchie. VII^a—XI^a Communicazione. Roma 1872—1874; 4°. — Note spettroscopiche sul sole e gli altri corpi celesti. Roma, 1872; 8°.

Società degli Spettroscopisti Italiani: Memorie. 1874, Disp. 1^a. Palermo; 4°.

Société littéraire, scientifique et artistique d'Apt: Mémoires. N. S. faisant suite aux Annales. Tome Ier Nr. 1. Apt, 1874; 8°.

Verein, naturwissenschaftlicher, in Carlsruhe: Verhandlungen. VI. Heft. Carlsruhe, 1873; 8°.

Viale-Prelà, Cav. Benedetto, Sulla causa del diluvio universale. Roma; 8°.

Wiener Medizin. Wochenschrift. XXIV. Jahrgang, Nr. 11. Wien, 1874; 4°.

Über den Gleichgewichtssinn.

Von **E. Mach.**

(Dritte Mittheilung.)

1.

Die Vorstellungen, die ich mir im Jahre 1865 über die Empfindung des Gleichgewichtes und der Bewegung bei Gelegenheit anderer Versuche gebildet habe, sind in Pogg. Ann. Bd. 126 S. 327 in der Note „über Flüssigkeiten, welche suspendirte Körperchen enthalten", kurz angedeutet. Die betreffende Stelle lautet:

„Überall liegt hier die einfache Bemerkung zu Grunde, dass ein Körper von einem andern nur dann einen Druck erleidet, wenn er dem letzteren Beschleunigung nimmt. Wenn man aus bedeutender Höhe ins Wasser springt und dabei eine Last in der Hand hält, kann man leicht bemerken, dass der Druck im Fall aufhört. Hieher gehört noch eine Erscheinung, die meines Wissens noch nicht besprochen wurde. Ich meine die merkwürdige Veränderung des Gemeingefühls, welche man beim Fallen, auch schon beim Schaukeln empfindet. Die Erklärung ist einfach. Beim Fallen hört der hydrostatische Druck des Blutes auf, die Gelenke werden von den Extremitäten nicht mehr gedrückt, der ganze Körper verhält sich wie schwerlos. Ähnlich müsste man sich befinden, wenn man plötzlich auf einen kleinen Planeten versetzt würde. Die Schwerlosigkeit des Körpers kann noch weitere physiologische Wirkungen haben (Seekrankheit)."

Diese Vorstellung, dass es Empfindungen im ganzen Körper sein können, welche uns Gleichgewicht und Bewegung erkennen lassen, ist in der ersten und zweiten Mittheilung nicht aufgegeben, aber in den Hintergrund getreten, weil ich unter dem unmittelbaren Eindruck der Experimente die Uberzeugung gewonnen habe, dass die Hauptsache im Kopfe vorgeht.

In der ersten Mittheilung ist den älteren Vorstellungen auf S. 4 und 9 Raum gelassen und die S. 10 entwickelte Anwendung des Schwerpunkts- und Flächenprincipes, so wie die S. 12 in der Anmerkung gegebene Auseinandersetzung ist auf je zwei miteinander verbundene Körpertheile übertragbar.

Auch die zweite Mittheilung kommt S. 10 im Text und in der Anmerkung auf die ältere Vorstellung zurück. Diese Vorstellungen sollen nun hier nochmals besprochen werden, nicht um die in der ersten und zweiten Mittheilung gewonnenen, welche specielle Ausbildungen der älteren sind, aufzugeben, sondern um das Verhältniss beider Auffassungen und ihre beiderseitige Leistungsfähigkeit zu beleuchten.

2.

Diese älteren Vorstellungen, welche nicht so originell sind, als ich früher dachte, indem Purkyně schon mehrere derselben, wenn auch nicht ausdrücklich formulirt, so doch gestreift hat, lassen sich in folgende Punkte zusammenfassen.

1. Hat irgend ein Körpertheil die Masse m und die Beschleunigung φ, welche letztere durch die Wirkung eines andern Körpertheiles von der Beschleunigung φ' relativ gegen diesen aufgehoben werden, oder in ψ umgewandelt werden soll, wobei alle Beschleunigungen in demselben Sinne positiv gezählt werden, so ist hiezu die Kraft $m\,(\varphi - \varphi')$ respective $m\,[\psi - (\varphi - \varphi')]$ erforderlich. Dies ist dem Principe nach längst bekannt und in der Note über suspendirte Körper durch passende Beispiele erläutert.

Die Kraft $m(\varphi - \varphi')$ oder $m[\psi - (\varphi - \varphi')]$ kann nun von einem lebenden Körper entweder als Druck empfunden werden, wenn die Beschleunigungsänderung von m durch die blosse Festigkeit geschieht, oder sie wird als Muskelanstrengung empfunden, wenn in der Ruhe oder in der Bewegung des ganzen Körpers m in einer bestimmten Lage erhalten oder demselben eine gewisse Bewegung ertheilt wird.

Bedeutet T das Trägheitsmoment eines Körpertheiles mit der Winkelbeschleunigung φ und wird diese durch einen andern Körpertheil von der Winkelbeschleunigung φ' relativ gegen

letzteren aufgehoben oder in ψ umgewandelt, so ist das hiezu erforderliche statische Moment $T(\varphi - \varphi')$ beziehungsweise $T[\psi - (\varphi - \varphi')]$, welches statische Drehungsmoment wieder als Druck oder Muskelanstrengung empfunden werden kann.

2. Selbstverständlich sind diese Anschauungen auf alle Körpertheile anwendbar, ob nun vom Rumpfe, von den Extremitäten, dem Kopfe oder dem Gehirn die Rede ist. Auf das Drehungsmoment, welches das Gehirn bei Drehungen erhält, hat schon Purkyně hingewiesen. Freilich sind seine Ausdrücke, sowie jene der Nachfolger nicht immer ganz deutlich. Ich weiss z. B. nicht, wie es zu verstehen ist, wenn Wundt (Physiologische Psychologie S. 211) sagt: „In Folge der Drehbewegung wird das Cerebellum durch die Centrifugalkraft einen Druck nach der Seite der Drehung erfahren“ ....

3. Auch das Blut kann, wie in der obigen Exposition, als ein Theil des Körpers aufgefasst werden, der gegen das Ganze durch die Schwere oder durch eine andere Kraft eine veränderliche Beschleunigung erhält. In diesem Sinne habe ich von einem veränderlichen hydrostatischen Drucke des Blutes gesprochen. Letztere Vorstellung ist ebenfalls nicht ganz originell, indem schon Purkyně von einer Affection der Blutmasse durch die Centrifugalkraft spricht und sogar — vielleicht ein fruchtbarer Gedanke — an eine therapeutische Verwerthung dieses Factums denkt.

4. Endlich lässt sich die sub 1. gegebene Anschauung auch auf die Druckempfindung der Haut übertragen. Der Druck jeder Stütze oder Unterlage auf die Haut erfährt eine Aenderung, wenn die Relativbeschleunigung der Stütze und der Körperstelle eine Normalcomponente gegen die Berührungsfläche ergibt.

3.

Unter den berührten Punkten wollen wir nun auf die Hautempfindung nicht weiter eingehen. Selbstverständlich fühlt man das Weichen einer Stütze oder Unterlage und gelangt dadurch zur Kenntniss von Bewegungen. Auch sind alle in der ersten Mittheilung entwickelten Grundsätze auf die Hautempfindung anwendbar.

Dass Druck auf das Gehirn bei den gewöhnlich vorkommenden Progressiv- und Winkelbeschleunigungen eine Rolle spielt, ist mir, abgesehen von der Unbestimmtheit der Ableitungen, die man in dieser Richtung versucht hat, durch die Versuche unwahrscheinlich. Die Winkelbeschleunigung des Gehirns bleibt allerdings dieselbe, ob sich in meinem Apparate der Kopf in oder ausser der Rotationsaxe befindet. Allein der von der Centrifugal-Beschleunigung abhängige Druck ändert sich wesentlich, wenn man aus der Axe tritt. Mir ist aber hiebei, sowie bei andern Lagenänderungen des Kopfes, keine wesentliche Änderung der Erscheinungen aufgefallen. Gewisse mir wenigstens sehr unbestimmt erscheinende und schwer zu beschreibende Druckgefühle im Kopfe mögen sich aus der directen Affection des Gehirns ableiten lassen, schwerlich aber die eigenthümlichen Raumvorstellungen, die durch die Bewegung erregt werden.

Den Einfluss von Beschleunigungen auf die Blutmasse kennt Jedermann. In der erhobenen Hand leeren sich die Venen. Man kann sie aber ziemlich stark füllen, wenn man die ausgestreckte gehobene Hand oder den ganzen Körper bei ausgestrecktem Arm rasch um eine Verticalaxe schwingt. Da nun die Thätigkeit aller Organe wesentlich von der Blutzufuhr abhängt, so muss die Affection der Blutmasse durch Beschleunigungen, die Veränderung ihrer Vertheilung im Körper, mächtige secundäre Folgen haben. Diese Folgen müssen desto auffallender werden, je weniger der die Blutvertheilung regulirende Apparat schnell und kräftig genug wirken kann, um die Massenbeschleunigungen zu compensiren. Auf diese Erscheinungen kann jedoch nur der Physiologe eingehen.

4.

Die Druck- und Muskelempfindungen des Körpers haben eine rein physikalische Seite. Von diesen allein soll hier zunächst ausführlicher die Rede sein. Knüpfen wir an die in der zweiten Mittheilung S. 12 (Anmerkung) erwähnte Beobachtung an.

Beim Ausgiessen von Quecksilber aus einem Gefäss hat man die Empfindung der gewaltsamen Hebung derjenigen Hand, welche

das Gefäss hält. Man kann auch beim aufmerksamen Zusehen wahrnehmen, dass sich der Arm wirklich etwas hebt. Man empfindet die Verminderung der Muskelanstrengung, welche zur Erhaltung des Gefässes nöthig ist, und indem man dieselbe nicht ebenso rasch zu vermindern vermag, als es eben zur Erhaltung des Gefässes erfordert wird, hebt sich der Arm etwas. Jede solche Verminderung eines Widerstandes gegen einen Muskel scheint von dem activen Muskel als ein Weichen des Widerstandes und ein Fortbewegen in der dem Widerstand entgegengesetzten Richtung empfunden zu werden.

Ich habe mir zwei Blechgefässe, jedes für etwa vier Kilogramm Wasser mit bequemen Handhaben anfertigen lassen. Dieselben haben am Boden ein Ansatzrohr, über welches ein kurzes Kautschukrohr von 15^{mm} Durchmesser im Lichten gezogen und durch einen Quetschhahn verschlossen wird. Mit diesem einfachen Apparat wurden folgende Versuche angestellt.

Versuch 1. Man fasst mit jeder Hand ein gefülltes Gefäss. Auf Commando werden beide Quetschhähne gleichzeitig geöffnet und das Wasser fliesst in untergestellte Behälter ab. Man verspürt hiebei namentlich gegen das Ende des Versuches, weil da in der Zeiteinheit der grösste Bruchtheil des noch vorhandenen Gewichtes abfliesst, eine deutliche Erhebung der Arme.

Versuch 2. Auf den Kopf wird eine innen gepolsterte Holzkappe aufgesetzt, jedoch so fest, dass man den Kopf nothwendig mitdrehen muss, wenn man die Kappe dreht. In der Nähe des rechten und linken Ohres befindet sich an der Kappe ein Haken. Am rechten Haken greift eine Schnur ein, welche horizontal nach vorne über eine Rolle geht und an der eines der beschriebenen Gefässe hängt. Eine zweite Schnur geht vom linken Haken horizontal nach hinten über eine zweite Rolle und trägt das zweite Gefäss. Beide Gefässe zusammen ertheilen dem Kopfe ein übrigens beliebig variables Drehungsmoment, welches durch die Muskel im Gleichgewicht gehalten wird. Lässt man nun das Wasser aus den Gefässen abfliessen, so fühlt man eine Drehung des Kopfes entgegen demjenigen Sinn, in welchem er durch die Gewichte gedreht würde. Bemerkenswerth ist, dass alle diese

Drehungen sehr stark empfunden, aber nur unmerklich ausgeführt werden.

Versuch 3. Man befestigt quer über den Rücken an beiden Schultern eine Holzleiste und lässt in der eben angegebenen Weise rechts das eine Gefäss nach vorn, links das andere nach hinten ziehen. Auch hier meint man sich beim Abfliessen des Wassers dem Widerstande entgegen zu drehen.

Versuch 4. An dem linken Ende derselben Leiste hängt das eine Gefäss direct und zieht nach unten, das andere befindet sich an einer Schnur, welche von dem rechten Ende der Leiste vertical nach oben über eine Rolle abgeht. Man meint beim Abfliessen des Wassers nach rechts umzusinken.

Versuch 5. An beiden Enden der Leiste rechts und links hängt eines der Gefässe. Beim Abfliessen meint man sich zu strecken und sich aus dem Boden zu erheben.

Bei keinem der fünf Versuche trat eine Erscheinung ein, die sich mit den eigenthümlichen Raumvorstellungen und optischen Phänomenen der beiden vorigen Mittheilungen in Vergleich bringen liesse.

5.

In den beschriebenen Versuchen herrscht nun die Eigenthümlichkeit vor, dass man die entstehenden Empfindungen nicht auf eine Bewegung des ganzen Körpers, sondern auf eine Änderung der relativen Stellung der eben afficirten Theile zu einander bezieht.

Bei den Versuchen 1 und 5 fühlt man Erhebung der Arme, Streckung des Körpers, Emporwachsen aus dem Boden. Hiebei geht nun eigentlich eine Verminderung des Körpergewichtes vor sich. Eine solche Verminderung des Körpergewichtes bedingt aber in den Versuchen der ersten und zweiten Mittheilung die Empfindung des Versinkens des Körpers.

In Versuch 2 greift am Kopf ein Drehungsmoment an, welches denselben von oben gesehen verkehrt wie den Uhrzeiger zu drehen strebt. Diesem Drehungsmoment halten die Muskeln das Gleichgewicht. Wird das Drehungsmoment rasch vermindert, so meint man, der Kopf werde wie der Uhrzeiger gedreht; wird es rasch vermehrt, so empfindet man eine Kopfdrehung dem

Uhrzeiger entgegen. Gesetzt nun, der Rumpf würde eine Winkelbeschleunigung im Sinne des Uhrzeigers erhalten, so erhielte der Kopf gegen den Rumpf eine umgekehrte relative Winkelbeschleunigung, die Muskeln, welche dieses Drehungsmoment zu vernichten streben, den Kopf in seiner Lage zu halten suchen, aber auf dieses anwachsende Drehungsmoment nicht gefasst sind, würden nach den eben mitgetheilten Versuchen eine Kopfdrehung dem Uhrzeiger entgegen signalisiren. Nach den Versuchen der ersten und zweiten Mittheilung empfindet man aber eine Drehung des ganzen Körpers im Sinne des Uhrzeigers.

Obgleich also die in der Note von 1865 benützten Grundsätze gewiss richtig sind und die in der ersten und zweiten Mittheilung gemachten Anwendungen auch durch die Erfahrung bestätigt werden, so scheint die Anwendung derselben auf die Muskelgefühle zur Erklärung der Bewegungsempfindungen doch insofern nicht auszureichen, als wir in den Muskelgefühlen theils andere, theils auch den geforderten widersprechende Bewegungsanzeigen zu sehen gewohnt sind.

6.

Muskelempfindungen werden bei jeder veränderlichen Bewegung entstehen müssen, das wird nicht bestritten werden können. Sie werden wohl oft auch die Aufmerksamkeit auf sich ziehen. Allein zur sicheren Erkenntniss der Locomotion scheint noch ein anderes Mittel gefordert. Teleologisch ist dies auch begreiflich. Die Muskelempfindungen haben zu berichten über den Erfolg mechanischer Arbeiten, auch solcher, welche mit der Locomotion nichts zu schaffen haben. Dieser Erfolg ist hauptsächlich bestimmt durch die Veränderungen in der Relativstellung der Körpertheile. Dies geforderte Organ, welches eben blos auf Locomotion reagirt und sonst keine mechanische Arbeit zu verrichten hat, wäre nach meiner Auffassung das Labyrinth. Ob sich die bei Bewegungen eintretenden optischen Erscheinungen nach den angegebenen Grundsätzen ableiten lassen, wenn man das Auge mit seinem Muskelapparat in Betracht zieht, können wohl nur besondere Versuche lehren. Immer blieben dann aber noch die Bewegungsgefühle übrig, bei welchen das Auge nicht mitspielt.

7.

Noch durch ein Beispiel will ich erläutern, wie verschiedene Ergebnisse man erhält, wenn man dieselben mechanischen Grundsätze auf verschiedene Körpertheile anwendet. Der Beobachter, der in dem (von oben gesehen) im Sinne des Uhrzeigers rotirenden Apparat sitzt, ist so zu sagen eine Fessel'sche Maschine und alle Erscheinungen derselben müssen an ihm auftreten, wenn gleich sie an verschiedenen Theilen in verschiedener Weise empfunden werden. Nickt er bejahend mit dem Kopfe, so wird hiebei dieser ganze Kopf etwas verdreht und zwar von hinten gesehen verkehrt wie der Uhrzeiger. Gleichzeitig wird der Kopf etwas nach links hinübergeworfen. Beide Bewegungen merkt man durch die Muskeln. Ausserdem meint aber der Beobachter, dass sich der ganze vor ihm befindliche Raum sammt ihm selbst im Sinne des Uhrzeigers dreht, also gerade entgegengesetzt, als er seinen Kopf gedreht fühlt.

IX. SITZUNG VOM 26. MÄRZ 1874.

Der Secretär liest einen durch das k. & k. Ministerium des Äussern übermittelten Bericht des kais. österr. Gesandten am kgl. italienischen Hofe, des Herrn Grafen v. Wimpffen ddo. 12. März 1874, dem zufolge, über Verwendung des Herrn Gesandten, seitens der kgl. italienischen Regierung bereits die nöthigen Weisungen sowohl an den Districts-Ingenieur als auch an den kgl. Präfecten in Ancona ergangen sind, den von der kais. Akademie mit der geologischen Durchforschung der Ostküste Italiens betrauten Herren Th. Fuchs und Alex. Bittner alle zur Erfüllung ihrer Aufgabe nöthigen Aufklärungen und Erleichterungen zu Theil werden zu lassen.

Herr Dr. J. Barrande übersendet den Vol. II. Texte, 3me partie, seines Werkes „Système silurien du centre de la Bohême", und stellt das Ansuchen um eine weitere Subvention zur Fortsetzung dieses Werkes.

Der Secretär legt folgende eingesendete Abhandlungen vor:

„Zur Entwicklungsgeschichte der Vegetation der Erde", vom Herrn Prof. Dr. C. Freih. v. Ettingshausen in Graz.

„Uber chlorfreie Derivate der Monochlorcitramalsäure", vom Herrn Th. Morawski, eingesendet durch Herrn Prof. Gottlieb in Graz.

„Über die Bahnbestimmung des Planeten (100) Hecate", vom Herrn Dr. J. E. Stark in Utrecht, eingesendet durch Herrn Regrth. Th. R. v. Oppolzer.

„Beobachtungen über Theilungsvorgänge an Nervenzellen", und „Casuistische Beiträge zur Morphologie der Nervenzellen", beide vom Herrn Dr. M. J. Dietl, Brunnenarzt in Marienbad.

„Über neue und ungenügend bekannte Vögel von Neu-Guinea und den Inseln der Geelvinksbai", vom Herrn Dr. A. B. Meyer.

Herr Prof. Dr. V. v. Lang berichtet über seine Versuche zur Ermittelung der Abhängigkeit des Brechungsquotienten der Luft von der Temperatur.

Der Secretär von Schrötter spricht über die Umwandlung des gewöhnlichen Phosphors in amorphen durch die Einwirkung der Elektricität, und legt die von Dr. Geissler in Bonn angefertigten Glasapparate vor, in welchen diese Umwandlung geschah.

Herr Dr. H. Frombeck überreicht eine Abhandlung: „Über eine Erweiterung der Lehre von den Kugelfunctionen und die hierbei entspringenden Entwicklungsarten einer Function in unendlichen Reihen."

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Accademia delle Scienze fisiche e matematiche di Napoli: Atti. Vol. V. Napoli, 1873; 4°. — Rendiconto. Anno IX, X e XI. (1870, 1871, 1872.) Napoli; 4°.

Akademie der Wissenschaften, Königl. Preuss., zu Berlin: Abhandlungen aus dem Jahre 1872. Berlin, 1873; 4°. — Monatsbericht. Januar 1874. Berlin; 8°. — *Corpus inscriptionum latinarum. Vol. VII. Berolini, 1873; in folio.*

Annales des mines. VIIe Série. Tome IV, 5me Livraison de 1873. Paris; 8°.

Apotheker-Verein, allgem. österr.: Zeitschrift (nebst Anzeigen-Blatt.) 12. Jahrgang, Nr. 9. Wien, 1874; 8°.

Astronomische Nachrichten. Nr. 1979 (Bd. 83. 11.) Kiel, 1874; 4°.

Barrande, Joachim, Système silurien du centre de la Bohême. Texte, 3me Partie. Prague & Paris, 1874; 4°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Tome LXXVIII, Nr. 10. Paris, 1874; 4°.

Gesellschaft der Wissenschaften, kgl., zu Göttingen: Abhandlungen. XVIII. Band. Vom Jahre 1873. Göttingen; 4°. — Gelehrte Anzeigen. 1873. Band I & II. Göttingen; 8°. — Nachrichten aus dem Jahre 1873. Göttingen; 8°. — Das Buch der Jubiläen oder die kleine Genesis etc. Herausgegeben von Hermann Rönsch. Leipzig, 1874; 8°.

— österr., für Meteorologie: Zeitschrift. IX. Band, Nr. 6, Wien, 1874; 4°.

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Wochenschrift. XXXV. Jahrgang, Nr. 12. Wien, 1874; 4°.

Greifswald, Universität: Akademische Gelegenheitsschriften aus dem Jahre 1873/74. 4° & 8°.

Landbote, Der steirische. 7. Jahrgang, Nr. 6. Graz, 1874; 4°.

Landwirthschafts-Gesellschaft, k. k., in Wien: Verhandlungen und Mittheilungen. Jahrgang 1874, Nr. 3—4. Wien; 4°.

Meyer, Adolf Bernhard, Übersicht der von mir auf Neu Guinea und den Inseln Jobi, Mysore und Mafoor im Jahre 1873 gesammelten Amphibien. Berlin, 1874; 8°.

Mittheilungen aus J. Perthes' geographischer Anstalt. 20. Band, 1874, III. Heft. Gotha; 4°.

Nature. Nr. 229, Vol. IX. London, 1874; 4°.

Pulkowa, Nicolai-Hauptsternwarte: Jahresbericht für 1871—72 und 1872—73. St. Pétersburg, 1873; 8°. — Observations de Poulkawa, publiées par Otto Struve. Vol. IV et V. St. Pétersbourg, 1872 & 1873; 4°.

Reichsforstverein, österr.: Österr. Monatsschrift für Forstwesen. XXIV. Band, Jahrgang 1874. April-Heft. Wien; 8°.

„Revue politique et littéraire" et „Revue scientifique de la France et de l'étranger." IIIe Année. 2me Série. Nr. 38. Paris, 1874; 4°.

Societas, Regia, Scientiarum Upsaliensis: Nova acta. Seriei tertiae Vol. VIII. fasc. II. Upsaliae, 1873; 4°. — Bulletin météorologique mensuel de l'Observatoire de l'Université d'Upsal. Vol. IV, Nrs. 1—12; Vol. V, Nrs. 1—6. Upsal. 1872 & 1873; 4°.

Société Géologique de France: Bulletin. 3me Série. Tome IIe. 1873. Nr. 1. Paris, 1873 à 1874; 8°.

Wiener Medizinische Wochenschrift. XXIII. Jahrgang, Nr. 12. Wien, 1874; 4°.

Weitere Versuche betreffs der Behandlung des Diabetes mellitus.

Von Dr. **Kratschmer.**

(Vorgelegt in der Sitzung am 19. März 1874.)

An einem 22jährigen, seit fünf Monaten mit schwerer Zuckerharnruhr behafteten Manne habe ich neuerdings Untersuchungen darüber angestellt, in wie weit einige gegen diese Krankheit von verschiedener Seite her als wirksam empfohlene Stoffe die Zuckerausscheidung und den Ernährungszustand zu beinflussen vermögen.

Die hiebei erhaltenen Zahlen der täglichen Harn- und Zuckerausscheidung, sowie des Körpergewichtes sind den einzelnen Versuchsreihen entsprechend in Abschnitte getheilt und diese selbst der Zeitfolge nach geordnet.

Vor und nach jeder Versuchsreihe mit einem Medicamente findet sich gewöhnlich ein Zeitabschnitt, in welchem der Beobachtete keinen therapeutischen Eingriff erlitt und welcher daher meist zum Zwecke der Vergleichung gesondert angeführt wird. Die jeweilige Nahrung ist unterhalb der aus jeder Reihe berechneten Mittelzahlen angemerkt.

Bezüglich dieser scheint hier eine kurze Anmerkung nicht überflüssig zu sein. Da jede Versuchsreihe mit dem Tage, an welchem ein Medicament zum ersten oder zum letzten Male dargereicht wurde, schliesst, können selbstverständlich die berechneten Mittelzahlen nicht der getreue Ausdruck der Vorgänge der betreffenden Reihe sein, indem einerseits die Wirkungen eines Medicamentes erst nach einiger Zeit und besonders in den letzten Tagen der Reihe deutlich hervortreten, anderseits vermöge der Nachwirkung gewisser Stoffe, namentlich des Morphium, Zahlen in die nächstfolgende Periode fallen, die eben deshalb dem früheren Zeitabschnitte zuzuzählen wären. Theils um diesem letztern Umstande zu begegnen, theils um auch die erwähnten Nachwirkungen

deutlicher zur Anschauung zu bringen, liess ich meist, wie schon oben bemerkt, den Kranken nach jeder Versuchsperiode, in welcher eines der zu prüfenden Medicamente gereicht wurde, durch einen kürzeren oder längeren Zeitraum ohne Medicament. Und so lassen sich auch in besserer Übersicht die Wirkungen der angewendeten Stoffe beurtheilen, wenn man nicht die Mittelzahlen der Versuchsreihen, in denen Medicamente zur Anwendung kamen, sondern jene der denselben vorangehenden und nachfolgenden Reihen vergleicht.

Für die ganze Beobachtungsdauer giltig und daher gleich hier anzuführen ist, dass der Kranke selbstverständlich unter meiner Aufsicht nur die verordnete Kost erhielt, dass ich ihm die Medicamente selbst zuwog und in entsprechender Vertheilung darreichte und dass er täglich zu derselben Stunde nach der Nachtruhe, nachdem zuvor Blase und wenn möglich auch Darm entleert worden, von mir gewogen wurde. Übrigens fügte sich derselbe bei zunehmender Besserung willenlos meinen Verordnungen. Die Zuckerausscheidung wurde wie früher[1] mittelst der Fehling'schen Lösung bestimmt.

Versuchsreihe I.

Harn-Menge	Spec. Gewicht	Zucker	Körper-Gewicht	Medicament	Anmerkung
4270	1036	263	45520	—	
4530	1030	317	44700	—	
4810	1030	351	43940	—	
4590	1030	312	45010	—	
6690	1029	412	44310	—	
6430	1029	412	43940	—	
7550	1031	511	44630	50 Mgr. Morph.	
Mittelzahl					
5553	1030	368	44578	—	

Tägliche Nahrung: 280 Gr. Fleisch, 455 Gr. Brot, 200 Gr. Mehlspeise, 350 CC. Milch, 1050 CC. Fleischbrühe, 150 CC. Wein, 1200 CC. Mandelmilch. Wasser unbeschränkt.

[1] Diese Berichte 66. Band, III. Abth. October-Heft 1872.

Die Zahlen dieser Reihe geben ein Bild des Zustandes, in dem sich der Kranke befand, als er von mir übernommen wurde.

Ich liess ihn absichtlich einige Tage bei derselben Nahrung, welche er bisher im Spitale genossen hatte, um mich über die Grösse seiner Ausscheidungen unter diesen Verhältnissen zu unterrichten und einen Vergleichungspunkt für weitere Versuche zu gewinnen.

Wie man sieht, ist die Zuckerausfuhr durch den Harn sehr bedeutend, das Körpergewicht sehr niedrig.

Versuchsreihe II.

Harn-Menge	Spec. Gewicht	Zucker	Körper-Gewicht	Medicament	Anmerkung
4250	1030	288	45190	Morph. 50 Mgr.	
5480	1035	359	45420	100 „	
5630	1029	369	45680	130 „	
5550	1029	346	45430	150 „	
3100	1030	191	46190	160 „	
4320	1029	251	44490	170 „	
3550	1031	239	44700	180 „	laues Bad
2720	1030	190	43630	190 „	flüssige Stühle
1550	1037	108	44030	200 „	viel Gasabgang
2360	1036	157	43750	210 „	durch Mund u. After
800	1037	34	43330	220 „	Erbrechen
450	1035	19	42800	—	Erbrechen
			Mittelzahl		
3313	1032	213	44553	151 „	
Nahrung wie in Versuchsreihe I.					

Der Kranke genoss dieselbe Nahrung wie in den früheren Tagen: zugleich wurde ihm durch den Verdauungscanal Morphium in steigender Gabe einverleibt.

Nach meinen durch frühere Untersuchungen über die Wirkung des Morphiums bei *Diabetes mellitus* gewonnenen Erfahrungen stellte sich nämlich die Frage: Kann Morphium in hochgradiger Zuckerharnruhr auch bei vorwaltend stärkemehlhaltiger Nahrung die Zuckerausscheidung durch den Harn beheben oder auf ein Minimum herabsetzen? und ist eventuell diese Verminderung in der Zuckerausfuhr für den Kranken von Vortheil oder nicht?

Nach den Ergebnissen dieser Versuchsperiode ist die erste Frage zu bejahen; denn wir sehen namentlich gegen Schluss derselben den Zuckerverlust stetig und rasch sinken und im ersten Tage der Versuchsreihe III wurde durch den Harn keine Spur von Zucker abgesondert. Ich will damit sagen, dass der Harn dieses Tages die schwefelsaure Kupferoxydlösung ganz und gar unverändert liess. Ebenso entschieden muss jedoch die zweite Frage verneint werden; denn es stellten sich, als die täglichen Morphiumgaben grösser wurden, eine ganze Reihe übler Erscheinungen ein, mit deren Dauer und Zunahme der Ernährungszustand stetig sank. Sie sind alle aus der bekannten Wirkung des Morphiums auf den Darm, namentlich seine Peristaltik, erklärlich: Die Ingesta werden träge vorwärts geschoben, fallen abnormen Zersetzungen mit reichlicher Gasbildung anheim, wirken im weiteren Verlaufe reizend auf die Darmschleimhaut, so dass die anfänglich gehemmte oder geminderte Defaecation bald in das gerade Gegentheil umschlägt, während die hiedurch entstandenen Ausfälle in Folge der geminderten Esslust nicht gedeckt werden können.

Morphium leistet daher bei Diabeteskranken — ich meine immer die schwerere Art — die sich vorwaltend von Amylaceen nähren, nichts; in geringer Gabe setzt es den täglichen Zuckerverlust durch den Harn nicht oder nur unerheblich herab, in grösserer Menge gereicht, thut es wohl dieses, schafft aber die eben geschilderten Übelstände.

Versuchsreihe III.

Harn-Menge	Spec. Gewicht	Zucker	Körper-Gewicht	Medicament	Anmerkung
290	1016	—	42800	-	391 Mgr. Harnsäure
110	1028	27	43000	—	Üblichkeiten
2110	1021	55	44800	–	Wohlbefinden
6640	1022	309	44050	—	
2670	1029	153	44600	—	
2430	1029	141	44150	—	Nahrung wie in Versuchsreihe IV
			Mittelzahl		
2375	1024	114	43900		

Nahrung wie in Versuchsreihe I und II.

Diese bietet ausser der relativ hohen Harnsäureausscheidung des ersten und auch der zunächst folgenden Tage nichts bemerkenswerthes. Sie lehnt sich wegen der bekannten Nachwirkung des Morphiums auf die Ausscheidungsgrössen an die vorhergehende an.

Versuchsreihe IV.

Harn-Menge	Spec. Gewicht	Zucker	Körper Gewicht	Medicamente
1900	1023	91	42950	—
2210	1028	109	43450	—
1380	1029	72	43050	—
2360	1028	127	41080	—
2190	1023	115	43130	—
1800	1029	102	43880	—
3160	1028	158	43780	—
2830	1029	154	44580	0·5 Gr. Chin. sulf.
		Mittelzahl		
2229	1027	116	43612	

Nahrung: 560 Gr. Fleisch, 4 Eier, 1050 CC. lautere Fleischbrühe, in der ein Kaffelöffel voll Fleischextract gelöst, 700 CC. rother Wein, 350 CC. Chokolade ohne Zucker.

Von diesem Zeitabschnitte an erhielt der Kranke strenge Fleischkost, wie sie seinem Bedürfnisse und seiner Wahl entsprach und daher für alle folgenden Versuchsreihen beibehalten wurde.

Diese Art der Ernährung ist unerlässlich, wenn man den Einfluss gewisser Stoffe auf die Zuckerausscheidung im diabetischen Harne erfahren will, besonders wenn die Versuchsreihen von kurzer Dauer sind u. z. deshalb, weil nur durch strenge Fleischnahrung die grossen Schwankungen in der täglichen Ausfuhr beim *Diabetes mellitus* vermieden werden können, welche sonst gewöhnlich das Untersuchungsresultat trüben.

Für die Prüfung auf die Beeinflussung des Ernährungszustandes durch gewisse Medicamente wären selbst unter dieser Vorbedingung kurze, nur über Tage sich erstreckende Versuchsperioden unzureichend, wenn man nicht zu der Annahme berechtigt wäre, dass Stoffe, welche beim *Diabetes mellitus* die

Zuckerausscheidung nicht zu vermindern vermögen, auch für den Ernährungszustand solcher Kranker ohne wesentlichen Belang sein dürften.

Die Schwankungen in den Ausscheidungen der ersten Tage dieser Reihe scheinen von der gänzlich geänderten Ernährungsweise bedingt zu sein. Nachdem sich dieselben abgeglichen hatten, wurde zunächst ein Versuch mit *Chinium sulfuricum*[1] angestellt, dessen Ergebnisse

Versuchsreihe V.

Harn-Menge	Spec. Gewicht	Zucker	Körper-Gewicht	Medicament
3310	1028	169	43580	Chin. sulf. 0·5 Grm.
2630	1025	128	44120	0·5 „
2880	1022	123	43330	1 „
3020	1023	147	44580	1 „
2630	1029	134	44430	1 „
4000	1022	214	44750	1 „
3390	1023	176	46130	1 „
2690	1029	156	45130	1 „
2520	1030	139	43530	1 „
3800	1029	228	42580	1 „
3220	1030	171	42080	1 „
3450	1030	210	42330	1·1 „
3490	1030	203	41780	—
		Mittelzahl		
3156	1027	169	43719	0·85

Nahrung: Wie in der Versuchsreihe IV.

vorführt. Das Gesammtresultat dieses Abschnittes lässt sich in einigen Worten zusammenfassen: Die Harn- und Zuckerausscheidungen erscheinen sowohl gegen die vorhergehende als nachfolgende Periode etwas grösser, das Körpergewicht hat sich gegen das der früheren Reihe um ein sehr geringes erhöht und hinzuzufügen wäre noch, dass das Medicament nicht gut vertragen wurde. Man bemerkt auch in den hierauf folgenden Tagen der

[1] Es wurde hier versucht, da es nach Einigen den Stoffwechsel verlangsamen soll.

Versuchsreihe VI.

Harn-Menge	Spec. Gewicht	Zucker	Körper-Gewicht	Medicament
2560	1030	125	42370	—
2870	1028	164	42670	—
2420	1028	151	42380	—
3120	1030	177	42930	Morph. hydrochl. 17 Mill.
		Mittelzahl		
2742	1029	154	42587	

Nahrung: Wie in der vorhergehenden Versuchsreihe.

eine Abnahme des Körpergewichtes.

Versuchsreihe VII.

Harn-Menge	Spec Gewicht	Zucker	Körper-Gewicht	Morph. hydr subcutan	Anmerkung
2080	1030	139	44030	17 Mgr.	
3480	1028	186	44380	34 „	
1970	1035	120	45780	51 „	
2910	1030	118	45880	51 „	
2600	1032	151	46130	51 „	
2330	1030	125	45180	68 „	
1190	1033	100	45980	17 „	
3060	1032	191	45780	51 „	
2550	1030	141	46980	51 „	
2440	1032	137	46880	51 „	
2650	1031	154	46700	51 „	
1910	1028	112	47280	51 „	
3410	1035	204	49280	34 „	
2260	1033	135	49450	51 „	
2370	1030	122	50000	51 „	
2300	1031	125	49860	51 „	
2410	1030	125	50430	51 „	
2090	1029	113	49630	68 „	
2170	1033	123	51030	102 „	
2000	1028	102	49750	102 „	
1570	1032	85	51180	99 „	
1610	1032	91	50450	99 „	Flüssige Darmentleerung
1640	1032	96	49680	66 „	Normaler Stuhl.
1880	1034	103	50630	66 „	
1380	1030	73	50880	66 „	
1360	1033	77	51430	99 „	

Harn-Menge	Spec. Gewicht	Zucker	Körper-Gewicht	Morph. hydr. subcutan	Anmerkung
1820	1031	91	51970	99 „	
1740	1034	97	51480	99 „	
1390	1032	73	52130	66 „	
1430	1036	84	51500	99 „	
1500	1035	90	51630	99 „	
1510	1033	81	52320	99 „	
1310	1233	70	51930	127 „	
1840	1034	112	52250	42 „	
1270	1032	70	51150	— „	Etwas Kopfweh u. Abgeschlagenheit.
			Mittelzahl		
2058	1032	115	49250	68	

Nahrung wie frühere Versuchsreihe.

Ein Versuch mit Morphium bei Fleischnahrung schien geboten, einmal schon aus Rücksicht für den Kranken, da die Fähigkeit dieses Medicamentes mit und nebst der Zuckerausscheidung auch einzelne lästige Symptome zu beschwichtigen und zu verringern, hinreichend festgestellt ist; andererseits, um zu erfahren, ob dasselbe nicht ebenso wie das vorher erprobte ohne wesentlichen Einfluss auf den Ernährungszustand dieses Kranken bleiben werde.

Wegen der bekannten sonstigen Vortheile der subcutanen vor einer andern Application wurde erstere um so lieber gewählt, als auch hierüber bis jetzt keine Erfahrungen vorlagen. Diese Behandlungsweise zeigte schon nach einigen Tagen einen sehr günstigen Erfolg; sie wurde deshalb über eine längere Reihe von Tagen ausgedehnt, um einen bloss vorübergehenden zufälligen Aufschwung im Ernährungszustande thunlichst auszuschliessen.

Der Kranke hat bei Vergleichung der Mittelzahlen in den 36 Tagen dieser Reihe bei derselben Nahrung nahezu 7 Kilo an Körpergewicht gewonnen; seine Ausscheidungen sind verhältnissmässig gering, und was besondere Beachtung verdient, in hohem Grade regelmässig geworden; ruhiger Schlaf bei Nacht, Theilnahme und Munterkeit bei Tage, Wohlbefinden und Arbeitslust sind weiters an Stelle der früheren Schlaflosigkeit, des düsteren Dahinbrütens und niederdrückenden Gefühles eines schweren unheilbaren Siechthums getreten. In noch günstigerem Lichte erscheint die hervorgehobene Besserung des Ernährungszustandes, wenn man anstatt der Mittelzahlen nur die Körpergewichte der letzten Tage in den aufeinanderfolgenden Versuchsreihen VI und VII vergleicht, oder aber, wie es auch der Nachwirkung des Morphiums wegen geschehen muss, die Mittelzahlen der Reihe VI und von

Versuchsreihe VIII.

Harn-Menge	Spec. Gewicht	Zucker	Körper-Gewicht	Medicament	Anmerkung
1900	1035	113	52000	—	Viel Gasabgang
1850	1036	134	52130	—	Durstgefühl
2370	1031	128	52150	—	
2600	1032	156	52430	—	
2830	1034	169	51670	Arsenik 6 Mgr.	
			Mittelzahl		
2310	1033	140	52076		

Nahrung wie in Reihe VII.

neben einander stellt. Das Körpergewicht ist hiernach seit der Morphiumbehandlung um nahezu 10 Kilo gewachsen.

Versuchsreihe IX.

Harn-Menge	Spec. Gewicht	Zucker	Körper-gewicht	Arsenik
2460	1030	120	51950	10 Mgr.
2730	1031	154	52480	10 „
2630	1029	142	51650	15 „
2700	1029	155	52730	15 „
3480	1034	222	51550	20 „
3300	1034	203	52650	15 „
3670	1030	206	52400	5 „
3000	1030	176	50770	10 „
3670	1034	253	52250	10 „
3370	1033	210	51700	10 „
3400	1032	197	51800	15 „
3570	1032	206	51950	— „
		Mittelzahl		
3165	1031	187	51990	11

Nahrung wie frühere Versuchsreihe.

zeigt uns, dass Arsenik in Gaben, die man als therapeutisch wagen darf, die Zuckerausscheidung ebenso wenig als das Körpergewicht beim *Diabetes mellitus* günstig beeinflusst.

Das Medicament bewirkte in den angeführten Gaben keine üblen Zufälle.

Versuchsreihe X.

Harn-Menge	Spec. Gewicht	Zucker	Körper-gewicht	Medi-cament
3470	1033	208	51130	—
3270	1034	213	52000	—
3370	1031	202	51600	—
2940	1033	167	51600	—
3140	1032	183	51200	—
2760	1028	138	51630	—
3430	1032	205	51500	—
3290	1031	187	50550	—
		Mittelzahl		
3210	1032	188	51400	

Nahrung wie frühere Versuchsreihe.

st die zwischen den beiden Arsenikreihen inneliegende Pause.

Die Zahlen der Ausscheidung und des Körpergewichtes unterscheiden sich nicht wesentlich von denen der vorhergehenden und nachfolgenden

Versuchsreihe XI.

Harn-Menge	Spec. Gewicht	Zucker	Körpergewicht	Arsenik	Anmerkung
2990	1030	163	51200	5 Mgr.	
2820	1030	153	51450	10 „	
3050	1030	183	51650	10 „	Träge Darmentleerung seit Beginn dieser Reihe
3370	1032	184	51550	10 „	
2800	1032	179	52700	20 „	
3320	1030	215	51750	20 „	
3310	1028	165	52200	5 „	Intoxications-Symptome
			Mittelzahl		
3094	1030	177	51785	11	

Nahrung wie früher.

Sie ist eine Wiederholung der Reihe IX, nur wurden hier höhere tägliche Gaben von Arsenik verabreicht, bis das Eintreten von Kratzen und Hitzegefühl im Schlunde, Kopf- und Bauchschmerzen, und endlich Erbrechen ein sofortiges Aussetzen dieses Mittels geboten. Die Resultate sind ebenso negativ, wie die der früheren Arsenikreihe.

Versuchsreihe XII.

Harn-Menge	Spec.-Gewicht	Zucker	Körpergewicht	Medicament	Anmerkung
2630	1033	152	50500	—	
3370	1031	215	51170	—	Wohlbefinden
2780	1029	164	50200	—	
3360	1029	200	51050	51 Mgr.	Morph. subcut.
			Mittelzahl		
3035	1030	183	50730		

Nahrung wie in der früheren Versuchsreihe bis auf die Mandelmilch, statt deren er von nun an Wasser trinkt.

Versuchsreihe XIII.

Harn-Menge	Spec. Gewicht	Zucker	Körper-gewicht	Morph. hydr. subcat.
3110	1030	180	53050	51 Mgr.
2600	1029	152	52800	51 „
2340	1030	149	52250	51 „
2650	1029	164	52150	51 „
2580	1029	166	51950	51 „
2620	1034	196	53350	51 „
3040	1030	202	52800	51 „
2810	1031	181	53050	51 „
2800	1031	222	53150	51 „
2970	1035	245	52850	51 „
2960	1036	198	53250	51 „
2920	1030	138	53250	51 „
2100	1033	143	53500	51 „
2160	1033	180	53200	51 „
2860	1029	235	53100	51 „
3740	1030	145	53100	51 „
2540	1030	169	52250	51 „
2600	1033	161	53050	51 „
2430	1032	181	53000	51 „
2480	1033	153	53600	51 „
2650	1034	174	53950	51 „
2750	1034	158	53920	51 „
2540	1031	152	53350	51 „
2700	1032	167	53770	51 „
2700	1033	187	54170	51 „
2980	1030	193	52650	51 „
2640	1033	174	54170	51 „
2640	1033	174	54470	51 „
2680	1031	164	54350	51 „
2880	1030	195	54770	51 „
1640	1032	102	54250	51 „
2600	1034	182	54250	51 „
2680	1035	192	54700	51 „
2460	1035	160	54370	51 „
2520	1030	156	54700	51 „
2520	1030	156	54200	51 „
2620	1034	179	54200	51 „
2770	1031	166	55200	51 „
2730	1031	163	54650	51 „
2650	1033	169	54950	51 „
3060	1028	183	54700	51 „
2370	1035	160	55480	51 „
2320	1034	162	54770	51 „
3370	1034	239	54920	51 „
2660	1033	186	54570	51 „
2570	1030	167	54320	51 „
3310	1030	202	54950	51 „
2620	1028	131	55600	51 „

Harn-Menge	Spec. Gewicht	Zucker	Körper-gewicht	Morph. hydr. subcut.	Anmerkung
2620	1028	150	54300	51Mg.	
2280	1032	139	54870	51 „	
2340	1032	162	55150	51 „	
2510	1031	167	54550	51 „	
2040	1033	136	54850	51 „	
2650	1031	172	54950	51 „	
2170	1034	160	56170	51 „	
2430	1032	162	54950	51 „	
2700	1028	159	55100	51 „	
2310	1032	153	55600	51 „	
2350	1032	159	55500	51 „	
2300	1032	157	55350	51 „	
2600	1032	161	55000	51 „	
2520	1032	166	55850	51 „	
2340	1033	163	55800	51 „	
2320	1032	158	55650	51 „	
2530	1034	166	54850	51 „	
2650	1030	161	54470	51 „	
2130	1035	142	55720	51 „	
2400	1035	153	55550	51 „	
2080	1030	120	55650	6220 „	Milchsäure
			Mittelzahl		
2452	1032	168	54247	51	

Nahrung wie in Versuchsreihe XII.

Nachdem in einem früheren Abschnitte durch subcutane Morphiuminjectionen der Zustand des Kranken wesentlich gebessert und, wie gezeigt worden, sein Körpergewicht um nahezu 10 Kilo gestiegen war, welches durch die hierauf folgenden Arsenikreihen allmälig wieder zu sinken begann, sollte ein abermaliger Versuch mit Morphium erweisen, ob diesem Rückschritte Einhalt gethan und die dort gewonnenen günstigen Verhältnisse hiedurch erhalten werden können. Die tägliche Grösse der Injection entsprach dem Behagen des Kranken.

Auch dieser Versuch lieferte einen so befriedigenden Erfolg, dass hienach der günstige Einfluss dieses Medicamentes auf Diabeteskranke beinahe über jeden Zweifel erhoben wird, denn es kehrten nicht nur die bei der früheren Morphiumreihe angeführten Merkmale des Wohlbefindens in erhöhtem

Masse wieder, sondern das Körpergewicht erhielt einen weiteren Zuwachs von 2 Kilo. Harn- und Zuckerausscheidung aber hat gegen die frühere Morphiumreihe etwas zugenommen, was einerseits von der geringeren täglichen Morphiummenge, anderseits von der um ein Beträchtliches vermehrten Körpermasse bedingt sein könnte.

Versuchsreihe XIV.

Harn-Menge	Spec. Gewicht	Zucker	Körpergewicht	Milchsäure
2340	1030	140	55550	6220 Mg.
2580	1035	190	54370	6220 „
2160	1036	151	55400	12440 „
2590	1036	199	54850	12440 „
2470	1030	175	54970	12440 „
2800	1034	204	54850	12440 „
2610	1036	214	55300	12440 „
2350	1036	195	55300	12440 „
2810	1037	233	55050	12440 „
3310	1033	231	55000	12440 „
2890	1034	217	55200	12440 „
3020	1034	208	54600	12440 „
2650	1037	202	54600	8500 „
2850	1035	228	53750	—
		Mittelzahl		
2674	1034	199	54913	10381

Nahrung wie in Versuchsreihe XIII.

In dieser Reihe wurde Milchsäure in der täglich angeführten Menge gegeben; dieselbe liefert in entsprechender Verdünnung mit Wasser und etwas Glycerinzusatz ein nicht unangenehmes Getränke. Ihre Anwendung blieb ohne Erfolg: die Zuckerausfuhr nahm gegen die der Vorreihe zu.

Betreffs des Körpergewichtes ist nochmals zu erinnern, dass Mittelzahlen einer vorhergegangenen Versuchsreihe, besonders wenn sich dieselbe über längere Zeit erstreckte, während welcher sich noch dazu bedeutende Veränderungen vollzogen, zur Vergleichung mit den Mittelzahlen der nachfolgenden Reihe unzulässig sind, dass vielmehr zur Beurtheilung des Erfolges nur die letzten Tage je zweier aufeinanderfolgenden Reihen verglichen werden dürfen.

Demnach ist das Körpergewicht in der Milchsäurereihe gefallen, die Harn- und Zuckerausfuhr hat sich vermehrt. In

Versuchsreihe XV

Harn-Menge	Spec. Gewicht	Zucker	Körpergewicht	Electrotherapie
2770	1032	199	54850	
2610	1034	175	54900	
2940	1034	224	55150	
3070	1034	224	54550	
2830	1035	216	54450	
2420	1035	200	55150	
2810	1035	209	54700	
2930	1034	230	55150	
2910	1032	203	54650	
2460	1030	177	55050	
2560	1036	204	54350	
3050	1028	221	55150	
		Mittelzahl		
2780	1033	207	54840	

Nahrung wie in der früheren Reihe.

wurde ein Versuch mit der Electricität gemacht und zwar wurde nach dem Rathe des Herrn Prof. Chvostek täglich die Lebergegend durch 2—3 Minuten mittelst inducirtem Strome gepinselt und nach dem Vorgange der Electrotherapeuten der Sympathicus mit constantem Strome von 13 Siemens-Halske'schen Elementen erregt.

Bei dieser Behandlungsweise wurde nach 12 Versuchstagen kein günstiger Erfolg erzielt; die Harn- und Zuckerausscheidung nahm zu.

Es ist hier noch im Zusammenhange zu bemerken, in welcher Absicht die einzelnen Versuchsreihen in der Reihenfolge angeordnet wurden, in welcher sie oben vorgeführt wurden.

Es sollte, abgesehen von den drei ersten Reihen, vom Beginne der Fleischkost an der Kranke zunächst einige Tage ohne Medicament bleiben, um zu erfahren, ob die günstigeren Ernährungsverhältnisse nicht an und für sich eine Besserung herbeiführen werden; hierauf sollte wieder durch einige Zeit

ein in seiner Wirkung auf diese Krankheit bisher ungekanntes Mittel versucht werden und hieran erst nach einer Zwischenpause ohne Medicament die Morphiumreihe sich anschliessen, von der man sich mit einiger Sicherheit einen Erfolg versprechen durfte. Der Grund der langen Dauer dieser Reihe wurde bereits oben angegeben. Die hierauf nach einer Zwischenpause folgenden Arsenikreihen sollten darthun, ob durch diesen Körper ein weiterer günstiger Erfolg sich erreichen, oder wenigstens das früher Erreichte bewahren liesse. Nachdem keines von beiden eintraf, sollte derselbe Versuch mit Morphium angestellt werden und hierauf die weiteren Versuche folgen.

Die aus den einzelnen Reihen selbst ersichtlichen und daselbst kurz angeführten Resultate mögen zum Schlusse dahin zusammengefasst werden:

Die Behandlung des *Diabetes mellitus* mit Chinin, arseniger Säure, Milchsäure und Electricität in der angegebenen Weise zeigte in diesem Falle weder auf Harn- und Zuckerausscheidung noch auf den Ernährungszustand einen günstigen Einfluss. — Morphium in Form subcutaner Injectionen hat sich nach diesen beiden Richtungen hin aufs beste bewährt.

Beobachtungen über Theilungsvorgänge an Nervenzellen.

Von **M. J. Dietl,**
Brunnenarzt zu Marienbad.

(Mit 1 Tafel.)

(Aus dem physiologischen Institute zu Innsbruck.)

Als ich vor längerer Zeit das Ganglion Gasseri des Frosches untersuchte, fand ich auf Längsschnitten wie auf Querschnitten der Quintuswurzel, dass sich in ihr Nervenfaserbündel finden, die ausschliesslich sehr breite (8·5 Mkm.) und andere, die ausschliesslich schmale (3·2—4·2 Mkm.) dunkelrandige Fasern führen. Ganz ähnliche Beobachtungen wurden auch von Bidder[1] am Brusttheile des Terminalstranges vom Sympathicus der Katze gemacht, und wie er aus dem Umstande, dass bei den schmalen Fasern die Doppelconturen weniger scharf und dunkel hervortraten, folgerte, das Nervenmark sei in ihnen auch weniger stark entwickelt, so muss ich zu demselben Schlusse kommen, wenn ich finde, dass Osmiumsäure sie nicht so intensiv schwarz färbt, wie die breiten. Indem ich einen solchen Befund eben an der Trigeminuswurzel constatiren konnte, glaubte ich der Erwartung Raum geben zu dürfen, durch genaueres Studium möglicherweise auf verwendbare Ergebnisse zu kommen, wobei denn auch eine Idee Virchow's, die er in seiner Cellularpathologie ausspricht, nicht wenig aneifernd ist; derselbe sagt[2]:

„Es ist also vorläufig ein sicherer Schluss über die etwaige Verschiedenheit der Functionen aus dem blossen Bau noch nicht zu ziehen, obwohl kaum bezweifelt werden kann, dass solche Verschiedenheiten vorhanden sein müssen und dass eine breite

---

[1] Archiv für Anatomie u. Physiol. von Reichert u. Du Bois-Reymond. 1869. Die nervi splanchnici und das ganglion coeliacum. pag. 476.

[2] l. c. 4. Aufl. pag. 280.

Faser an sich andere Fähigkeiten, seien es auch nur quantitativ verschiedene, darbieten muss, als feine, eine markhaltige andere als eine marklose."

Ich suchte nun, da es mir während des Winters wieder für einige Zeit möglich war, histologischen Studien zu obliegen, die Lösung der angedeuteten Frage anzustreben; bald aber wurde meine Aufmerksamkeit abgelenkt auf einige Eigenthümlichkeiten an den Nervenzellen des Ganglion Gasseri, die ich mir beim ersten Anblick nicht anders zu deuten wusste, als dass sie einem Theilungsvorgange ihre Entstehung verdanken. Ueber diesen Punkt ist bekanntermassen eine Einigung noch nicht erzielt. Theilungsvorgänge an fertigen Nervenzellen wurden, wie aus den neuesten einschlägigen Arbeiten hervorgeht, bis jetzt mehr angenommen und aus einzelnen Befunden gefolgert, aber erst in der jüngsten Zeit wurden eben diese Folgerungen von mehreren Seiten als nicht stichhältig zurückgewiesen und das Phänomen der Theilung direct in Abrede gestellt. Da auch S. Mayer in seiner letzten Arbeit: „Beobachtungen und Reflexionen über den Bau und die Verrichtungen des sympathischen Nervensystems" [1] diese Frage ventilirt, so glaube ich an dieselbe anknüpfen zu dürfen, obzwar sie sich eigentlich im Ganzen nicht auf dem gleichen Terrain bewegt.

Die Beobachtungen, die Mayer machte, und noch mehr die Reflexionen, die er darüber anstellt, sind jedenfalls so originellen Inhalts, dass sie nicht unterlassen werden, alsbald die rege Aufmerksamkeit der Fachgenossen auf sich und auf den Gegenstand überhaupt zu lenken. Wir wollen das Wesentlichste davon in gedrängtester Uebersicht recapituliren. Mayer nimmt die peripheren Nervenzellen im Sympathicus als angehäuftes Reservematerial für den Nachwuchs leistungsunfähig gewordener Nervenfasern. Die Ganglienzellen verwenden zu ihrer Entstehung und Entwicklung als Rohmaterial die aus dem Gefässsysteme stammenden geformten Bestandtheile des Blutes und zwar vornehmlich die rothen Blutkörperchen. Diese Hypothese, denn als solche wird die Angabe vorläufig vorgeführt, stützt sich auf folgende Befunde. Man trifft im Bereiche des Sympathicus Ge-

[1] Sitzungsberichte der kais. Akad. d. Wissensch. 66. Bd. 1872.

bilde, mit vielen Kernen reich durchsetzt, besonders in der Nähe der Blutgefässe; die Grundsubstanz der ersteren ist, ähnlich den rothen Blutkörperchen, diffus pigmentirt, die Kerne entsprechen in Bezug auf Grösse den Blutzellen des untersuchten Thieres und die mikrochemische Reaction trifft beide in gleicher Weise. Die Grundsubstanz dieser Kernnester nun zerklüftet sich in der Folge um die Kerne und es bilden sich Protoplasmaportionen, die immer mehr die Form von Ganglienzellen annehmen. Von denselben ist eine Reihe (die jüngere Generation) apolar, später wächst je ein Fortsatz aus, der eventuell mit dem einer anderen Zelle zusammentrifft, um so das Substrat für eine künftige Nervenfaser abzugeben.

Da ich in meinen Präparaten von dem Ganglion Gasseri des Frosches auf Bilder traf, welche mir manchen von jenen, die Mayer im Sympathicus gefunden, zu entsprechen schienen, so untersuchte ich auch cursorisch den Grenzstrang trotz des etwas zurückschreckenden Postulats, dass zum Uebersehen dieser Verhältnisse unentwendbare Geduld, Ausdauer, glücklicher Zufall und reiche Erfahrung eine conditio sine qua non sei. Wir waren bereits nach der einfachen Präparation etlicher Ganglien in der Lage, das Wesentliche der Beobachtungen von Mayer in jeder Hinsicht bestätigen zu können. Wir sahen die Kernnester, die Zerklüftungsformen, die angeblich neu entstandenen, aus sehr feinkörnigem Protoplasma bestehenden Zellen, welche noch keinen ausgebildeten Hauptkern hatten, dafür aber besonders in dem stumpfen Fortsatze mehrere accessorische Kerne bargen endlich andere Zellen mit Fortsatz, Hauptkern und accessorischen Kernen. Wir bekennen jedoch, dass wir unsere Beobachtungen noch für zu unzureichend erachten, als dass wir uns sofort auch den Reflexionen anschliessen dürften. Wie bemerkt, gelten die Angaben Mayer's in erster Instanz für den Sympathicus, wie aber aus Mehrerem hervorgeht, sollten dieselben mutatis mutandis auch auf die anderweitigen Ganglien ihre Anwendung finden. Was uns in dieser Richtung interessirt, ist eben die neue Entwicklung einzelner Zellen im erwachsenen Thiere.

Mayer urgirt, dass dieselben durch Zerklüftung von Protoplasma entstehen, welches sich um präexistente Kerne ablagert,

er läugnet auf Grund seiner Beobachtungen die Vermehrung von Zellen auf dem Wege der Theilung bereits fertiger Mutterzellen. Durch das letztere steht Mayer im Widerspruche mit anderen Forschern, indem vornehmlich Kölliker und Beale die Theilung fertiger Zellen annehmen, wie auch Henle in demselben Sinne sich ausspricht. Der erstere allerdings geht über diesen Gegenstand nur mit kurzen Worten hinweg, indem er schreibt[1]: „Manche Zellen scheinen auch später durch Theilung sich zu vermehren, wenigstens weiss ich das häufige Vorkommen von zwei Kernen in den Nervenzellen junger Thiere, besonders in denen der Ganglien und von vielen Beobachtern gesehene, durch kurze Verbindungsstränge zusammenhängende Zellen nicht anders zu deuten.“ Dem gegenüber erklärt allerdings Schwalbe[2], dass, ausser bei einigen Thieren (Kaninchen und Meerschweinchen), das Auftreten von zwei Kernen überhaupt, selbst bei Embryonen, ein seltenes Vorkommniss sei. Es wäre also noch etwas verfrüht, Theilungen der Ganglienzellen wegen des öfteren Vorkommens zweier Kerne anzunehmen, zumal die Verhältnisse beim Kaninchen auf einen wesentlich anderen Entwicklungsmodus hinweisen; bei diesen Thieren finden sich nämlich im Jugendzustande ein- und zweikernige Ganglienzellen, im Alter haben alle Nervenzellen des Sympathicus zwei Kerne, ausgenommen eine in geringer Anzahl vorkommende bipolare Form, welche in Remak'sche Fasern übergehen. Dagegen tritt wieder Beale[3] entschieden für Theilung der Nervenzellen im erwachsenen Thiere ein, indem er dieselbe als einen der drei Modus von Neubildungen der Ganglienzellen aufstellt. Beale habe jedoch, so erklärt Mayer, keine Beobachtung angeführt, welche die Wahrscheinlichkeit einer Neubildung von Nervenzellen durch Theilung alter Zellen darthun würde. Zu diesem Behufe müsse man

---

[1] Handbuch der Gewebelehre. 5. Aufl. pag. 332.

[2] Archiv f. mikrosk. Anatomie. 4. Bd. 1868. pag. 61.

[3] Mayer l. c. p. 129 und im Originale, Lionel S. Beale: On the structure and formation of the So-called Apolar, Unipolar and Bipolar Nerve-cells of the Frog — Philosophical Transactions of the royal Society of London. Vol. 153. Part. II. p. 548 u. 549. Wie aus dem Vergleiche mit der Originalabhandlung Beale's hervorgeht, ist eben das Wesentliche in dieser Richtung von Mayer mehreren Orts recapitulirt.

Bilder sehen, bei denen alle Stadien eines solchen Theilungsprocesses erkannt werden könnten. Man wäre sogar berechtigt, die Hoffnung zu hegen, auf derartige Befunde gar nicht selten zu stossen in Hinblick auf die oft ungemein grosse Anzahl sehr kleiner Zellen, die unserer Annahme nach als junge und einem Theilungsprocesse alter Zellen entsprungen zu betrachten wären. Nun finde man aber weder an diesen sehr kleinen Zellen irgend welche Spur, die auf ihre Entstehung durch Theilung anderer Zellen hinweisen würden, noch treffe man in ihrer Nähe auf Bildungen, an denen man irgend etwas, wie von einer Tendenz sich zu theilen, wahrnehmen könnte. Beale stützt eben seine Behauptung nur auf das Vorkommen von Gruppen von Zellen, die gewöhnlich von kleinen Dimensionen und von einer gemeinschaftlichen Hülle umgeben sind. Auch habe sich Lockhart Clarke bei der Untersuchung der Spinalganglien von dem angeführten Modus der Vermehrung der Zellen nicht überzeugen können.[1]

Nach alledem ist also eine Theilung fertiger Nervenzellen im erwachsenen Thiere nicht nur nicht mit Sicherheit erwiesen, sondern wird im Gegentheile als sehr unwahrscheinlich dargestellt.

Dem gegenüber verweise ich auf eine Reihe von Bildern (Fig. 1 bis 25), die ich auf Durchschnitten des in Über-

---

[1] Ich kann hier nicht unterlassen, zweier Arbeiten zu gedenken, welche ebenfalls „über Theilungsvorgänge an Nervenzellen" handeln. So beobachtete nämlich Fleischl dieses Phänomen an einem Glion. (Jahresberichte über die Fortschritte der Anat. u. Physiol. I. Bd. Jahr 1872. Das Originale in den Wiener mediz. Jahrbüchern 1872 habe ich nicht gesehen.)

Ferner berichtet Robinson „über die entzündlichen Veränderungen der Ganglienzellen im Sympathicus (Wiener mediz. Jahrb. 1873, 4. Heft, pag. 438) und gibt an, dass dieselben sich in Folge des Entzündungszustandes entweder nur theilweise oder in ihrer Totalität furchen und zerklüften. Es ist jedoch, wie ein Blick auf die Abbildungen vermuthen lässt, nicht ganz unmöglich, dass Robinson nichts anderes vor sich hatte, als die obbeschriebenen Kernnester, oder Zellen mit reichlichen Polarkernen, wie sie sich auch an ganz intacten Thieren finden und für die Aorta einen sehr guten Fundort abgibt. Da diese beiden Arbeiten pathologische Zustände supponiren, so glaube ich für unseren Vorwurf mit der Erwähnung zu genügen.

osmiumsäure [1] gelegenen Ganglion Gasseri des Frosches erhielt [2].

Wie bemerkt, dachte ich beim Anblick solcher Formen sofort an Theilung alter Zellen; nach den Ausführungen Mayer's fordert aber die Sache genauere Überlegung. In dieser Hinsicht möchte ich nun folgendes bemerken. Wohl stösst man hie und da auch im Gasser'schen Knoten auf Gebilde, welche sich mit den für den Sympathicus beschriebenen Kernnestern vergleichen liessen, nämlich auf Congregationen von Kernen, die in Aussehen und Grösse den accessorischen Kernen (Polarkernen, Courvoisier) entsprechen, wie sie sich auch hier in den Ganglienzellen finden und welche in der Genesis der Nervenkörper des Sympathicus eine Rolle zu spielen berufen sein sollen. Nie aber entdeckte ich im Gasser'schen Ganglion Nester, wie man sie so ausgesprochen im Gebiete des sympathischen Systems trifft, und die eben der Marksubstanz der Nebennieren äquivalent gesetzt wurden. Die Auskunft darüber wird um so leichter, als die letzterwähnten Gebilde ebenfalls gegen Osmium ein charakteristisches Benehmen zeigen, dessen von Mayer nur oberflächlich Erwähnung gethan wird. Auf Durchschnitten der Grenz-

---

[1] Es muss hier auf den Einwurf Rücksicht genommen werden, dass die vorliegenden Formen ihre Entstehung der Einwirkung dieses Reagens verdanken. Darauf ist zu erwidern, dass just die Überosmiumsäure zweckmässig (d. i. in hinreichender Verdünnung) angewendet, sich auch gegen die delicatesten Gewebe höchst manierlich benimmt und ihr Gebrauch Ergebnisse liefert, die der Untersuchung frischer Gewebe am allernächsten stehen; ich erinnere an die fibilläre Structur in dem Protoplasma vieler Ganglienzellen, welche nur an frischen und an Osmiumpräparaten in gleicher Schönheit beobachtet werden kann. Ein nicht zu unterschätzender Beleg für die so wenig eingreifende Wirkung der Überosmiumsäure ist die Thatsache, dass das Protoplasma gewöhnlich seinen natürlichen Raum, die bindegewebige Kapsel, zur Gänze ausfüllt, oder sich nur in sehr geringem Masse contrahirt, wie die Bilder erweisen.

Welche Verhältnisse auf Rechnung der Präparationsmethode, der Anfertigung von feinen Durchschnitten zu setzen seien, erkennt man nicht schwer, zieht aber auch den grossen Vortheil aus ihr, dass man sofort weitaus mehr Einzelnheiten überblicken kann, als es beim Zerzupfen möglich ist. Ich bette die gehärteten Objecte in Wachs, schneide sie mit Alkohol, um sie in Glycerin zu studiren.

[2] Die untersuchten Thiere waren sämmtlich Winterfrösche.

strangknoten geben sie ihre Anwesenheit alsbald durch einen gesättigten braunen Ton der Grundsubstanz zu erkennen, während die Kerne hell bleiben (Fig. 26). Dadurch heben sie sich aus den benachbarten Ganglienzellen deutlich hervor.

Ob nun jene besagten Kerne im Gasser'schen Ganglion irgend eine bestimmte Beziehung zur Entwicklung der Nervenzellen haben, muss ich vollständig unentschieden lassen, dagegen aber bemerken, dass mir alle Individuen, an welchen ich jene beigegebenen Zeichnungen wahrnahm, die ich eben auf einen hier vor sich gehenden Theilungs- oder Furchungsprocess beziehen zu müssen glaubte, entschieden den Eindruck fertiger Zellen machten. Ich habe getrachtet, die gesehenen Bilder möglichst naturgetreu zu copiren und darf mir vielleicht in Hinsicht darauf eine ermüdende detaillirte Beschreibung der einzelnen Formen erlassen; ich wollte eben lieber dem Leser die Möglichkeit bieten, sich über diese Befunde seine eigene Anschauung zu bilden. Nur auf einige Verhältnisse möchte ich hinweisen, die aus dem Angeführten nicht sofort entnommen werden können.

Die meisten der gezeichneten Nervenzellen erscheinen ohne Fortsatz; in vielen Fällen liegt der Grund gewiss in der Präparationsmethode, da voraussichtlich die Durchschnitte starrer Objecte oft genug nicht parallel geführt sind mit der Flucht des Fortsatzes von der Zelle. Nichtsdestoweniger bin ich überzeugt, dass es auch im Bereiche des Gasser'schen Knotens in der That apolare Nervenzellen gibt.

In manchen Theilproducten und auch in manchen anderen Zellen gelang es mir nicht, einen Kern zu sehen. Ob er nun in der That nicht vorhanden war (was ich am ehesten annehmen möchte), oder ob er sich durch irgend einen Einfluss der Beobachtung entzog, kann ich vorläufig nicht sicher entscheiden, gewiss aber fand ich ihn oft nur ganz verschwommen in der Zellsubstanz auftauchend, in welchem Falle dann meist auch ein Kernkörperchen nicht deutlich zu sehen war.

Die Zellen sind von höchst variabler Grösse, manchmal ist um den Kern nur ein schmaler Protoplasmasaum vorhanden, ähnlich wie bei Fig. 17, 25. Zwei Kerne in einer Zelle ohne Furchungstendenz traf ich öfter, manchmal auch noch mehr; in dem Exemplare, welches in Fig. 27 gezeichnet ist, war ausser

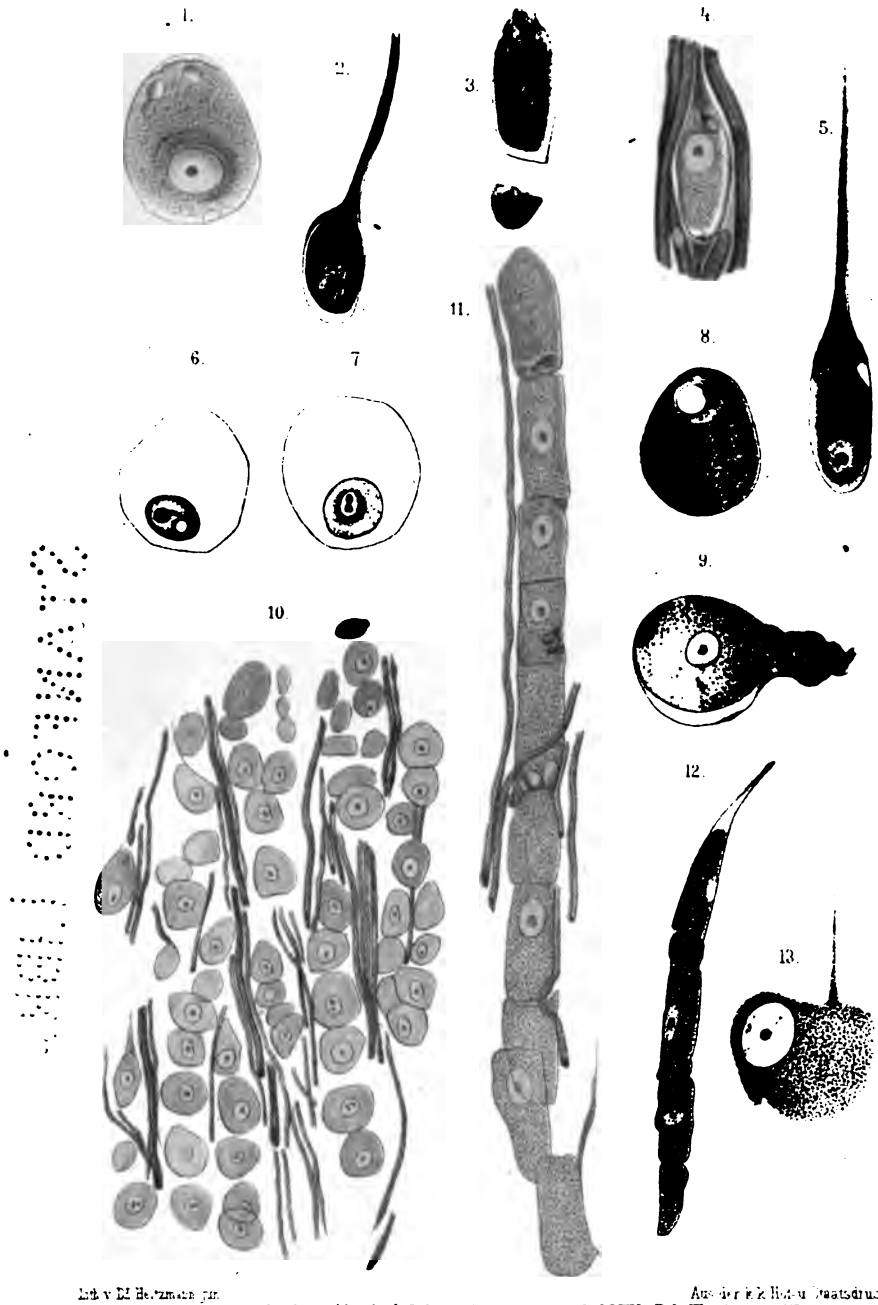
den drei Kernen bei tieferer Einstellung sogar noch ein vierter sichtbar; noch häufiger begegnete ich zweien Kernkörperchen.

Diese Furchungserscheinungen traf ich nicht bei allen Fröschen, bei einzelnen Individuen suchte ich vergebens, bei anderen waren sie zahlreich vorhanden und traten dann gewöhnlich in Gesellschaft an einer oder der anderen Stelle auf. Ueber andere Ganglien und andere Thiere habe ich vorläufig keine Erfahrung, doch dürfte ein Bild, wie Fig. 20, das eine unvollständige Nervenzelle aus einer gangliösen Anschwellung des Vagus vom Kaninchen vorstellt, die Annahme zulassen, dass ähnliche Befunde auch anderwärts als am Gasser'schen Ganglion des Frosches zu entdecken seien.

Schliesslich will ich noch, ohne mich irgendwie auf Vermuthungen einzulassen, bemerken, dass mir unter den Zeichnungen, welche in der Literatur, soweit ich sie zur Hand habe, vorgelegt werden, auch solche auffielen, die eine Beziehung zu den hier gebotenen Formen zulassen. Ich verweise auf eine Abbildung im Stricker'schen Handbuche von Mayer, p. 812, wo eine zweikernige Zelle (aus dem Sympathicus des Kaninchens) durch einen Strich getheilt erscheint, während der Text darüber sich nicht ausspricht. Ferner auf zwei Abbildungen von Courvoisier in Max Schultze's Archiv 1868, Tab. X, Fig. 3 und 8.

Die erstere soll das Vordringen des Axencylinders zum Kerne veranschaulichen; doch sagt Courvoisier selbst, dass möglicherweise durch „eine Einstülpung des Protoplasmas" etwas dergleichen vorgetäuscht werde. Die zweite stellt zwei Zellen in einer Hülle vor, die eine mit, die andere ohne Fortsatz; letztere, von Courvoisier „Beizelle" genannt, sei entweder ein verkümmertes oder nicht entwickeltes Gebilde — oder aber functionsunfähig und dem Tode geweiht (a matter, that has lived, Beale).

Digitized by Google



Lith v. M. Herrmann jun. Aus der k.k. Hof- u. Staatsdruckerei

Erklärung der Tafel.

Fig. 1—25. Nervenzellen aus dem Ganglion Gasseri des Frosches in verschiedenen Zerklüftungsstadien; aus Durchschnittspräparaten des in Überosmiumsäure gehärteten Objectes. Fig. 1, 6, 8, 9, 10 mit Hart Syst. 9, Oc. 3. Die übrigen Syst. 8, Oc. 3.

Fig. 26. Kernnester aus dem Grenzstrang des Frosches, aus Osmium-Durchschnittspräparaten. Syst. 8, Oc. 3.

Fig. 27. Mehrkernige Zelle aus dem Ganglion Gasseri des Frosches (Osmiumpräparat). Syst. 8, Oc. 3.

Fig. 28. Unvollständige, in Zerklüftung begriffene Ganglienzelle aus dem Vagus des Kaninchens, Osmiumpräparat. Syst. 9, Oc. 3.

Casuistische Beiträge zur Morphologie der Nervenzellen.

Von **M. J. Dietl,**
Brunnenarzt in Marienbad.

(Mit 1 Tafel.)

(Aus dem physiologischen Institute zu Innsbruck.)

Im Verlaufe der Untersuchungen, die ich im Interesse der Beobachtungen von Theilungsvorgängen an Ganglienzellen anstellte, traf ich auf mancherlei Vorkommnisse, welche ich als casuistische Ergebnisse mittheile, weil sie theils und zumeist aus innern, sowie aus äusseren Gründen ein systematisches Studium nicht zuliessen, theils aber zur Bestätigung oder Richtigstellung bekannter Angaben beizutragen geeignet erscheinen.

Ich hatte öfter Gelegenheit, die fibrilläre Structur im Protoplasma der Nervenzellen sehr deutlich zu beobachten (Fig. 1); sie ist concentrisch angeordnet[1], meist um den Kern, manchmal um einen imaginären Mittelpunkt. Desgleichen fand ich den Axencylinder aus der markhaltigen Faser vermittelst einer divergirend fein fibrillären Substanz in das Nervenzellen-Protoplasma übergehen[2] (Fig. 2). Ich stimme mit Schwalbe vollständig überein bezüglich des Verhaltens des Nervenmarks an der abtretenden Faser (l. c. pag. 68). Die Marksubstanz hört plötzlich und scharf auf, doch reicht sie nicht nothwendigerweise bis unmittelbar an die Ganglienzelle; ich glaube nicht, dass der Befund, den Schwalbe in Fig. 6 abbildet, wo das Mark in einiger Entfernung von der Zelle beginnt, auf Rechnung der Präparation zu setzen sei; ich finde das Verhältniss noch viel auffallender an den Durchschnitten von gehärteten Osmiumpräparaten, wo an eine etwaige Zerrung oder überhaupt an ein Zurückziehen nicht

---

[1] Schwalbe, Arch. f. mikr. Anat. 1868. pag. 60.
[2] l. c. pag. 67.

zu denken ist (Fig 2, sowie Fig. 10 in der vorhergehenden Abhandlung über Theilung der Nervenzellen). An den oblongen Zellen, wie sie zwischen den Fasern der Quintuswurzel in der Nähe des Ganglions liegen und deren Form in Fig. 3, 4, 5 wiedergegeben ist, verfolgte ich manchmal den Protoplasmafortsatz eine lange Strecke, ohne dass ich ihn hätte Mark aufnehmen sehen (Fig. 5).

Einen besonders interessanten Fund bietet der in Fig. 6 abgebildete. Bidder hat bekanntlich ein Vorkommniss beschrieben[1], bei dem sowohl zwei Kerne einer Zelle, wie deren Kernkörperchen durch einen Commissurfaden zusammenhingen, so dass diese Gebilde sich in einer langgestreckten Bisquitform präsentirten, wie in Fig. X seiner Tafel abgebildet ist.

S. Mayer hat diese Beobachtung bestätigt[2]; ich traf eine Zelle, welche mit überraschender Deutlichkeit in einem runden Kerne zwei Kernkörperchen enthielt, die durch einen soliden Faden zusammenhingen, an dem sich sehr klar beide Conturen aussprachen. Dieser Kernkörperchen-Communicationsfaden entsprach in seinem Verlaufe nicht den Centren der Nucleoli, und veranlasste so ein Bild, für das ich keinen besseren Vergleich als den mit einer Brille älterer Façon (Nasenzwicker) habe. In vollkommener Uebereinstimmung damit glaube ich ein bisquitförmiges Kernkörperchen bringen zu dürfen (Fig. 7), welches sein Entstehen aus einem Gebilde durch die geringe Grösse der Hälften beurkundete. Um dasselbe zeigte sich ein lichter Hof.

Schwalbe macht in seiner Abhandlung[3] über die peripherischen Nervenzellen auf ein Phänomen aufmerksam, das er bei den Spiralganglienzellen eines Maulwurfs im Zellenprotoplasma traf und als Vacuolen ansprach; er gibt die Möglichkeit zu, dass es sich daselbst um eine Leichenerscheinung

---

[1] Archiv f. Anat. u. Physiol. 1869. S. 494.

[2] Stricker's Handbuch, das sympath. Nervensystem.

[3] Archiv für mikr. Anat. 1868.

gehandelt habe. Solche Vacuolen traf ich an Nervenzellen verschiedener Art öfter und zwar an Präparaten, die sofort nach dem Tode des Thieres in die Osmiumsäure gelegt worden waren, wodurch obige Befürchtung wegfällt. — Auch in dem Nucleolus wurden Gebilde beobachtet, die als Vacuolen aufgefasst, den gewagten Namen Nucleululus erhielten. Ich fand nun unter den Nervenzellen des Gasser'schen Ganglions eine solche, die in ihrem Kerne ausser dem Kernkörperchen noch eine schöne Vacuole beherbergte (Fig. 8).

Fig. 9 stellt eine Nervenzelle aus dem Ganglion Gasseri des Kaninchens dar. Sie ist von einer Kapsel umgeben, welche sich als dichte Scheide auf die abgehende markhaltige Faser fortsetzt. Die letzte selbst ist auffallend spiralig gewunden; das Mark hört, wie bekannt, plötzlich auf und die dichte Bindegewebsscheide, die auch mit an den Windungen participirt, verhindert das Erkennen des Uebergangs vom Axencylinder in das Protoplasma.

Die Anordnung der Zellen, die Juxtaposition und die daraus erfliessenden Formen gestalten sich in den Nervenknoten manchmal höchst merkwürdig. Der Zufall liess mich eine gangliöse Anschwellung am Halstheil des Vagus vom Kaninchen untersuchen, wie sie sich in der Höhe und der Nähe des oberen sympathischen Halsganglions findet. Während nun im Innern des Vagusganglions die Nervenzellen rund sind und sie in rosenkranzförmiger Anordnung (Fig. 10) zwischen den markhaltigen Nervenfasern liegen, findet man an der Peripherie und an den Spitzen der Ganglienspindel mehr polygonale oder oblonge Formen. Letzteren Ortes fand ich ein Arrangement, wie es in Fig. 11 abgebildet ist. Die Zellen erfahren hier wohl öfter eine solche bandwurmgliederartige Anordnung (Fig. 12); nicht sofort bekommt man sie aber wieder in solch' frappant langer Reihenfolge. Die Prädisposition zu diesen Formen ist offenbar in der erwähnten rosenkranzartigen Folge gegeben.

Schliesslich zeichne ich noch eine vollkommen nackte Ganglienzelle aus dem Sympathicus des Frosches, die mit einer geraden Faser versehen ist (Fig. 13). Links sitzt derselben eine Protoplasmahaube auf, welche nicht wohl als ein zweiter abgerissener Fortsatz wird gedeutet werden können, da man die Bipolarität dieser Nervenzellen mit der Geminipolarität gewissermassen gleichwerthig zu nehmen pflegt.

Auch möchte ich hier noch eines Passus Erwähnung thun, der sich mit Bezug auf den Kern in Arndt's Untersuchungen über die sympathischen Ganglienzellen findet.[1] Arndt sagt: „Die Form der Kerne ist die einer sehr flachen Linse oder auch, wie Courvoisier angibt, einer sehr flachen Scheibe." Ferner meint Arndt, dass eine doppelte Contour, die er an dem Rand der Kerne wahrnahm, einem Falze entspreche, welcher längs des ersteren sich hinzieht. Es geht daraus hervor, dass die Scheiben- oder Linsenform als die allgemeine angesehen wird. Dem ist nach meinen Erfahrungen nicht so und auch Courvoisier[2] gibt an, dass die Kerne oft ganz flache Scheiben darstellen, die mit ihrer Ebene senkrecht zum Längsdurchmesser der Zelle stehen. So viel ich sehe, findet sich in diesen Fällen der Kern gewöhnlich wandständig dem Pole gegenüber und erscheint wie vom Zelleninhalt platt gedrückt; die verschiedenen Grade entsprechen eben allen möglichen Uebergangsformen von der Sphäre bis zur Scheibe und meist ist die der Wand zugekehrte Fläche convexer als die andere, oft ganz ebene. Einen Falz am Kernrande zu sehen ist mir nicht gelungen.

---

[1] Archiv f. mikr. Anat. 1873. 10. Bd. 2. Hft. pag. 222.

[2] Dasselbe Archiv 1868. pag. 133.

Erklärung der Tafel.

Fig. 1 bis 9, ferner 11 und 13 entsprechen Hart Syst. 8 Oc. 9.
Fig. 10 entspricht Syst. 5 Oc. 3.
Fig. 12 „ Syst. 9 Oc. 1.
Sämmtliche abgebildete Nervenzellen sind Osmiumpräparate ausser Fig. 13, die frisch untersucht wurde.
Fig. 1—8 aus dem Ganglion Gasseri, Fig. 13 aus dem Sympathicus des Frosches, Fig. 9—12 vom Kaninchen.

Dietl. Beobach

1.

6.

7.

8.

13.

14.

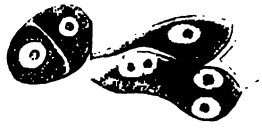
15.

20.

21.

22.

27.



28.

Scanned

Zur Lehre vom Lichtsinne.

Vierte Mittheilung.

Über die sogenannte Intensität der Lichtempfindung und über die Empfindung des Schwarzen.

Von dem w. M. **Ewald Hering,**
Professor der Physiologie in Prag.

(Mit 1 Holzschnitt.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 19. März 1874.)

§. 21.

Von der sogenannten Intensität der Lichtempfindung.

Wenn es sich darum handelt, für die verschiedenen Eigenschaften unserer Empfindungen passende und strenge Begriffe und Bezeichnungen zu erhalten, so ist das erste Erforderniss, dass man diese Begriffe lediglich aus den Empfindungen selbst abziehe und es streng vermeide, die Empfindung mit ihren physikalischen oder physiologischen Ursachen zu verwechseln, oder irgend ein Princip der Eintheilung dem Gebiete der letzteren zu entnehmen. Es ist auffällig, dass gegen diese eigentlich selbstverständliche Forderung noch immer verstossen wird, und dass wir daher vielfach bei Malern eine objectivere Auffassung der Gesichtsempfindungen finden, als bei Physikern und Physiologen, ja dass sogar im gemeinen Sprachgebrauche in mancher Beziehung grössere Klarheit über den hier zu behandelnden Gegenstand herrscht, als in der Literatur der physiologischen Optik.

Jede Gesichtsempfindung erinnert uns mehr oder minder lebhaft an andere Gesichtsempfindungen, jede hat mit gewissen anderen eine ganz besondere Ähnlichkeit. Darauf beruht die

innere Verwandtschaft der Gesichtsempfindungen untereinander und die Möglichkeit, sie von dem grossen Kreise der Empfindungen überhaupt als ein besonderes Empfindungsgebiet abzugrenzen. Wir sind auch meistens im Stande, sofort anzugeben, worin diese Ähnlichkeit oder Verwandtschaft hauptsächlich liegt, und was eigentlich das tertium comparationis ist.

Letzteres darf freilich nicht in den physikalischen oder physiologischen Bedingungen der Gesichtsempfindungen gesucht werden, denn über diese sagt ja die Empfindung an sich zunächst noch gar nichts aus. Die Ähnlichkeit zweier Gesichtsempfindungen darin zu suchen, dass beide durch Ätherschwingungen veranlasst, oder dass beide von der Netzhaut her erweckt werden, wäre ebenso falsch, als die Ähnlichkeit zweier Neger darin finden zu wollen, dass beide in Afrika erzeugt sind. Das tertium comparationis ist vielmehr in den gegebenen Empfindungen selbst zu suchen.

Denken wir uns die ganze Reihe der Übergänge vom tiefsten Schwarz bis zum lichtesten Weiss, so sind dies offenbar lauter in sich nahe verwandte Empfindungen, und wir sind auch gar nicht in Zweifel, worauf diese ihre Verwandtschaft vorzugsweise beruht. Wir sagen, alle Empfindungen dieser Reihe sind heller als das Schwarz am einen, dunkler als das Weiss am andern Ende der Reihe. In zweifacher Hinsicht also haben alle diese Empfindungen etwas Gemeinsames; erstens haben sie alle, verglichen mit dem reinen Weiss, etwas Dunkles, Schattiges oder Schwärzliches, andererseits haben sie, verglichen mit dem reinen Schwarz, alle etwas Helles oder Weissliches; mit andern Worten, jede dieser Übergangsempfindungen erinnert uns zugleich an Weiss und Schwarz, nur überwiegt hier mehr das eine, dort mehr das andre, oder das eine findet sich nur spurweise, das andre deutlich u. s. f.

Betrachten wir das Grau, welches in der Mitte der ganzen Reihe liegt und also von Schwarz und Weiss gleichweit entfernt ist, so können wir nicht sagen, dass wir in demselben eigentliches Weiss oder eigentliches Schwarz sehen, sondern wir haben eine sowohl vom Weiss als vom Schwarz verschiedene Empfindung, eine Empfindung besonderer Qualität, sehen aber doch in diesem Grau gewissermassen Helligkeit und Dunkelheit, Weiss

und Schwarz zugleich, beide gleichsam abgeschwächt. Nur das reine Weiss und Schwarz scheinen mit einander fast keine Ähnlichkeit zu haben, sondern wir fassen sie vielmehr als Gegensätze auf. Worauf dies beruht, ist hier nicht weiter zu untersuchen; vielmehr will ich gerade darauf Gewicht legen, dass uns diese beiden Empfindungen ganz besonders verschieden erscheinen.

Da Schwarz und Weiss oder Dunkel und Hell genau genommen nicht Eigenschaften der Aussendinge, sondern zunächst nur Eigenschaften unsrer Empfindung sind, so ist es gestattet, von schwarzen oder dunklen und von weissen oder hellen Empfindungen zu sprechen. In diesem Sinne kann man auch die ganze Reihe der Übergangsempfindungen vom reinsten Schwarz zum reinsten oder lichtesten Weiss als die schwarzweisse Empfindungsreihe bezeichnen, weil alle Empfindungen dieser Reihe nur Schwarz und Weiss in verschiedenen Verhältnissen der Deutlichkeit, aber keine andre Farbe enthalten.

Verfolgen wir nun diese Übergänge vom Schwarzen nach dem Weissen hin, so sehen wir, wie die Empfindung Schritt für Schritt ihre Qualität ändert, wie das Schwarz allmälig in Grau und dieses weiterhin in Weiss übergeht; wir sehen, wie die Empfindung des Schwarzen mehr und mehr beeinträchtigt, verunreinigt oder verdrängt wird durch das mehr und mehr sich vordrängende Weiss, oder wie, wenn wir vom Weiss zum Schwarz zurückgehen, umgekehrt das Weiss mehr und mehr verunreinigt oder verdrängt wird durch das immer stärker hervortretende Schwarz.

Wenn nun Einer sagen wollte, dass unter solchen Verhältnissen die Empfindung auf der einen Seite, nämlich im tiefsten Schwarz, gleich Null sei, und dass ihre Intensität nach der andern Seite hin wachse und endlich im reinsten Weiss ihr Maximum habe, so könnte ein Andrer mit demselben Recht sagen, dass die Empfindung im reinsten Weiss gleich Null sei und im tiefsten Schwarz ihre höchste Intensität erreiche. Denn während der Eine so verfährt, als ob das Schwarz gar nicht vorhanden wäre, verführe der Andre ebenso mit dem Weiss, und eines wäre so richtig oder falsch wie das andre. Wer ohne alle Voraussetzungen an die Untersuchung seiner Gesichtsempfindungen geht, darf ja

noch gar nichts davon wissen, dass dem Weissen objectives Licht entspricht, dem Schwarzen aber nicht; und wenn der Eine sich von der Voraussetzung leiten lässt, dass das objective Licht die Empfindung des Weissen erzeuge, so könnte der Andre behaupten, dieses Licht hemme ihm blos die Empfindung des Schwarzen, und das reinste Weiss sei nichts anderes als die Empfindung der vollständigen Hemmung der Schwarzempfindung. Beide Voraussetzungen wären gleich unerlaubt, denn wir sollen eben die Empfindungen zunächst ohne alle derartige Voraussetzungen untersuchen.

Da man also mit demselben Rechte von einer Intensität der Empfindung des Schwarzen oder Dunklen, wie von einer Intensität des Weissen oder Hellen sprechen kann, so muss man entweder den Ausdruck „Intensität" ganz fallen lassen und sagen, dass in der beschriebenen Empfindungsreihe die Empfindung Schritt für Schritt ihre Qualität ändere, und muss die ganze Scala der Empfindungen zwischen Weiss und Schwarz in derselben Weise auffassen, wie die Farbenscala, welche von einer gesättigten Farbe, z. B. dem Roth, zu einer andern, z. B. dem Gelb, führt, oder man muss in der schwarzweissen Empfindungsreihe zwei Intensitätsscalen annehmen, deren eine dem Weissen oder Hellen, die andre dem Schwarzen oder Dunklen entspricht.

Nun wird man vielleicht einwenden wollen, dass man es anders gar nicht gemeint habe, als man von der Intensität der Lichtempfindung sprach. Das Schwarz könne zwar allenfalls eine Gesichtsempfindung, aber gewiss nicht eine Lichtempfindung genannt werden; und es verstehe sich von selbst, dass mit jedem Wachsthum des Positiven eine entsprechende Abnahme des Negativen einhergehe.

Aber worin liegt dieses angeblich Positive der Empfindung des Weissen gegenüber dem Schwarzen? Lediglich darin, dass wir, dank der alltäglichen Erfahrung und der physikalischen Optik, mehr Positives von den Vorgängen wissen, welche die weisse Empfindung, als von denen, welche die schwarze Empfindung bedingen. Als blosse Empfindung ist Schwarz ganz ebenso positiv wie Weiss, und wenn man durchaus die eine dieser beiden Empfindungen als positiv, die andere als negativ bezeichnen will

so kann man ebensogut das Schwarz wie das Weiss positiv nennen. Übrigens aber besteht zwischen diesen beiden Empfindungen gar nicht dasselbe Verhältniss, wie zwischen positiven und negativen Grössen in dem jetzt üblichen mathematischen Sinne, denn jene Empfindungen heben sich nicht gegenseitig auf, sondern geben durch ihre Verbindung ein Product besonderer Qualität. In jedem Grau empfinden wir Weiss und Schwarz zugleich, aber keines von beiden vollständig, wie wir im Kinde zugleich Vater und Mutter, doch aber weder den ganzen Vater noch die ganze Mutter sehen.

Wer also ohne alle physikalischen und physiologischen Voraussetzungen an die Thatsachen des Gesichtssinnes herantritt, kann nicht sagen, dass Grau eine intensivere Empfindung sei als Schwarz u. dgl. m.; er kann nur sagen, dass er in der schwarzweissen Empfindungsreihe am einen Ende das Schwarz, am andern das Weiss am reinsten empfindet, und dass er, wenn er die Übergänge vom Schwarz zum Weiss durchläuft, das Schwarze immer mehr durch Weiss verdrängt oder verunreinigt sieht und umgekehrt.

Will man die in der einen Richtung mehr und mehr wachsende Reinheit des Weiss als wachsende Intensität bezeichnen, so muss auch die in der andern Richtung wachsende Reinheit des Schwarz ebenso bezeichnet werden. Sind aber zwei Intensitätsreihen in der gegebenen Empfindungsreihe zugleich anzunehmen, so heisst das nichts anderes, als dass alle Übergänge vom Weissen zum Schwarzen als Mischungen derjenigen beiden Empfindungen angesehen werden können, welche an den beiden Enden der Reihe am reinsten hervortreten. Die Bezeichnungen „Intensität", „Stärke" oder „intensive Grösse" (Fechner) lassen sich also auf die besprochene Empfindungsreihe, für welche sie besonders häufig angewandt worden sind, nur unter der Bedingung gebrauchen, dass man jedem einzelnen Gliede der Reihe zwei Intensitäten zugesteht und das Verhältniss angibt, in welchem hier die Intensitäten der beiden Empfindungen des Schwarz und Weiss zu einander stehen, wobei man also Schwarz und Weiss als relativ einfache Empfindungen von den Übergängen zwischen beiden als gemischten Empfindungen unterscheidet.

Wenn den einzelnen Stufen der schwarzweissen Empfindungsreihe eine Intensität im jetzt üblichen Sinne des Wortes zugeschrieben werden könnte, so müsste es denkbar sein, dass diese Intensität sich änderte; denn andernfalls hätte die Anwendung des Begriffes der Intensität hier keinen Sinn. Wie aber soll sich z. B. ein bestimmtes Grau seiner Intensität nach ändern? Eine Änderung ist, abgesehen von der Beimischung anderer Farben, nur denkbar durch ein deutlicheres Hervortreten des in ihm enthaltenen Schwarz oder Weiss, dadurch aber würde das gegebene Grau in ein anderes Grau verwandelt, welches in der schwarzweissen Empfindungsreihe weiter nach dem Weiss oder nach dem Schwarz hin liegt. Wollte man aber sagen, das reine Weiss, welches das eine Ende der Reihe bildet, sei doch einer Steigerung seiner Intensität fähig, so wäre eine solche auch wieder nur unter der Voraussetzung denkbar, dass dieses Weiss noch nicht ganz frei wäre von jeder Verunreinigung mit Schwarz, dass also noch nicht jede Spur von Schatten oder Dunkelheit daraus getilgt wäre.

Will man daher nicht Schwarz und Weiss als relativ einfache Empfindungen ihren Übergängen als gemischten entgegenstellen und jeder Übergangsstufe zwei Intensitäten zuschreiben, so hat es überhaupt keine Berechtigung, von Intensität dieser Empfindungen im üblichen Sinne des Wortes zu sprechen; denn jede Änderung, welche an diesen Empfindungen vorkommt, ist dann lediglich als eine qualitative anzusehen. Ein bestimmtes Grau kann nicht grauer werden, sondern nur weisslicher oder schwärzlicher (heller oder dunkler), und Weiss kann nur weisser werden, wenn die übriggebliebenen Spuren von Grau oder Schwarz daraus verschwinden.

Wie inconsequent man gegenwärtig bei der Anwendung des Begriffes der Intensität auf die Gesichtsempfindungen verfährt, lehrt u. a. auch Folgendes. Die einzelnen Stufen der Farbenreihe, welche man erhält, wenn man beispielsweise gesättigtes Roth und Gelb in verschiedenen Verhältnissen auf dem Farbenkreisel mischt, oder jene Übergänge, welche im Spectrum zwischen dem äussersten Roth und dem Gelb liegen, bezeichnet man als Farbentöne, das soll heissen als qualitativ verschiedene Lichtempfindungen. Gleichwohl besteht hier zwischen Roth und Gelb eine analoge Beziehung, wie bei den schwarzweissen Empfindungen zwischen Schwarz und Weiss. Der möglichst gesättigten oder reinen Farbe am

einen Ende der gegebenen Empfindungsreihe mischt sich mehr und mehr von der anderen Farbe bei, in der Mitte sehen wir ein Orange, in welchem beide Farben etwa gleich deutlich oder undeutlich hervortreten (daher wir das Orange auch als rothgelb oder gelbroth bezeichnen), dann überwiegt mehr und mehr die andere Farbe und kommt endlich im reinen Gelb ausschliesslich zur Geltung. Auch hier finden wir also jede Stufe der Reihe qualitativ von ihren Nachbarn verschieden, und deshalb könnte man hier mit demselben Rechte wie bei der schwarzweissen Empfindungsreihe von Intensitäten reden, nur hätte man ebenfalls z w e i entgegengesetzte Intensitätsreihen anzunehmen. Am einen Ende ist das Roth am intensivsten am andern das Gelb, und in den Zwischenstufen finden sich alle möglichen Verhältnisse der Intensitäten der beiden Farben.

Dass man die Übergänge vom Roth zum Gelb als rein qualitative Änderungen der Empfindung, die Übergänge vom Schwarz zum Weiss aber als blosse Änderungen der Intensität der Empfindung auffasste, hatte seinen Grund lediglich darin, dass man sich stets mehr an die physikalische Ursache der Empfindungen als an diese selbst hielt. Finden wir doch in der physiologischen Optik von Helmholtz unter dem Titel „die Lehre von den Gesichtsempfindungen" ein Capitel über „die einfachen Farben", ein anderes über „die zusammengesetzten Farben" und ein drittes über „die drei Grundfarben". Rothgelb, Blaugrün, Blauroth, aus denen jeder Unbefangene zwei Farben zugleich heraus erkennt, wie schon der Name sagt, werden da zu den einfachen Farben gezählt, das Weiss ist dagegen unter den zusammengesetzten Farben besprochen, und eben daselbst das Schwarz; Violett, welches ganz offenbar Roth und Blau zugleich enthält, ist als eine Grundfarbe bezeichnet: kurz ein Farbenverständiger, der nichts von Physik wüsste, würde den Sinn einer solchen Eintheilung, die dem natürlichen System der Gesichtsempfindungen überall zuwiderläuft, nie erfassen können. In einem physikalischen Handbuche hat jene sonderbare Eintheilung noch eine gewisse Berechtigung, denn den Physiker interessirt die Gesichtsempfindung nur insofern, als sie eine Reaction auf Ätherschwingungen verschiedener Wellenlänge und Amplitude ist; dass aber die Physiologen jene Eintheilung ebenfalls annahmen, war ein grosser Fehler. Eine Consequenz dieses Fehlers war u. a. auch die Behauptung, dass jeder Farbe ausser einem bestimmten Sättigungsgrade noch ein bestimmter Intensitätsgrad zukomme, was genau genommen eine Tautologie ist.

§. 22.

Von der Bezeichnung der Lichtempfindungen durch Zahlen- oder Grössenverhältnisse.

Es lässt sich nie behaupten, dass ein reines, tiefes Schwarz, welches wir eben sehen, das reinste ist, welches wir überhaupt empfinden könnten, oder dass ein reines, helles Weiss, wie z. B.

das der Sonnenscheibe, das reinste und hellste ist, welches überhaupt zu empfinden wäre. Eine Steigerung der Reinheit, d. i. im ersten Falle der Dunkelheit, im anderen der Helligkeit, ist wenigstens denkbar. Deshalb lässt sich auch jenes Schwarz und Weiss, welches wir an die beiden Enden der schwarzweissen Empfindungsreihe gestellt dachten, nur definiren als das reinste, tiefste Schwarz und das reinste lichteste Weiss, welches man sich denken kann; aber es ist nicht möglich, bestimmte Bedingungen anzugeben, unter welchen man diese reinsten Empfindungen wirklich hat. Scharfe reale Grenzen für die schwarzweisse Empfindungsreihe gibt es also nicht, ebensowenig wie man beim süssesten Geschmacke wissen kann, ob nicht vielleicht ein noch süsserer möglich wäre.

Theoretisch genommen, muss es ein Grau geben, welches von dem idealen, absolut reinen Schwarz und Weiss gleichweit entfernt ist, mit beiden gleich sehr verwandt erscheint, vom einen ebensoviel enthält als vom andern. Dies ist denknothwendig. Wir könnten dieses Grau als das mittle oder neutrale Grau bezeichnen, als ein Grau von gleicher Helligkeit und Dunkelheit. Auch ist ersichtlich, dass ein solches Grau wirklich unter unsern Empfindungen vorkommen muss und dass es nicht wie das absolut reine Schwarz oder Weiss nur gedacht werden kann. Freilich aufzeigbar ist dieses bestimmte Grau vor der Hand noch nicht, und wir können vorerst noch nicht die Bedingungen angeben, unter welchen die Empfindung gerade von diesem Grau entstehen muss, ebensowenig wie man genau dasjenige Mischungsverhältniss eines süssen und eines sauren Stoffes angeben kann, bei welchem der saure Geschmack gerade ebenso stark ist als der süsse. Aber dieses unser Unvermögen der genauen Bestimmung des Grades der Reinheit, oder, wenn man so will, des Mischungsverhältnisses der Empfindungen beweist nichts gegen das wirkliche Vorkommen solcher Empfindungen, in welchen Süss und Sauer oder Schwarz und Weiss gleich deutlich oder undeutlich enthalten sind. Denn der rein saure Geschmack lässt sich durch stetige Veränderung des Verhältnisses, in welchem man Süsses und Saures mischt, mehr und mehr in einen erst süsslich sauren, dann säuerlich süssen und endlich rein süssen überführen, womit schon gesagt ist, dass es eine Mittelstufe geben muss, auf welcher

Süss und Sauer gleich stark in der Empfindung enthalten sind, wenn wir auch diese Stufe nicht genau, sondern nur annähernd zu bestimmen vermögen. So gibt es auch schwarzweisse Empfindungen, von welchen jeder sofort sagen wird, dass sie dem Schwarzen näher stehen als dem Weissen, und andre, von denen Jeder meint, dass sie dem Weissen näher verwandt sind als dem Schwarzen, und hieraus folgt, dass es auch eine bestimmte schwarzweisse Empfindung geben muss, in welcher Schwarz und Weiss gleichwerthig sind.

Diese mittle oder neutrale graue Empfindung, deren wirkliches Vorkommen also zweifellos ist, wollen wir uns genau in die Mitte der schwarzweissen Empfindungsreihe gestellt denken. In ihr ist, da Schwarz und Weiss hier gleich deutlich empfunden werden, das Verhältniss

$$\text{Weiss : Schwarz oder W : S, d. i. } \frac{W}{S}\left(\text{oder } \frac{S}{W}\right) = 1.$$

Es leuchtet sofort ein, dass zwischen diesem mittlen Grau und dem reinsten Weiss genau ebensoviel verschiedene Empfindungsqualitäten oder Mischungsverhältnisse liegen müssen, wie zwischen ebendemselben Grau und dem reinsten Schwarz; denn dieselbe Rolle, die auf der einen Seite das immer mehr hervortretende Weiss spielt, kommt auf der andern Seite dem Schwarz zu, und wie auf der einen Seite das Schwarz mehr und mehr zurücktritt, so auf der andern Seite das Weiss. Im absolut reinen Weiss wäre das Verhältniss

$$\frac{W}{S} = \frac{W}{0} = \infty \left(\text{und } \frac{S}{W} = 0\right)$$

im absolut reinen Schwarz wäre

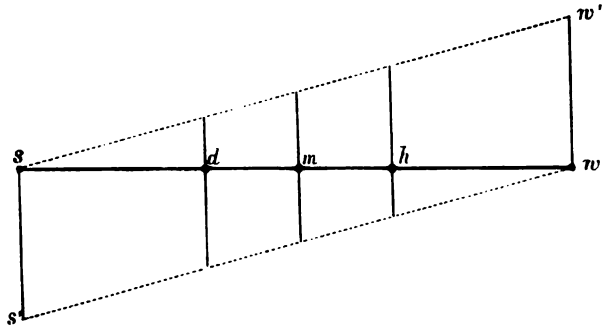
$$\frac{W}{S} = \frac{0}{S} = 0 \left(\text{und } \frac{S}{W} = \infty\right).$$

Zwei Empfindungen, welche von dem mittlen Grau $\left(\frac{W}{S} = 1\right)$ nach rechts und links gleichweit abliegen und also in gleichem Grade von diesem Grau verschieden sind, lassen sich ausdrücken durch reciproke Werthe. So muss es ein Hellgrau geben, in welchem $\frac{W}{S} = \frac{2}{1}$ ist, und diesem wird in der andern Hälfte der

Reihe ein Dunkelgrau entsprechen müssen, in welchem $\frac{W}{S}=\frac{1}{2}$. Beide werden gleichweit vom mittlen Grau ab liegen, denn in dem Masse, wie im einen das Weiss über das Schwarz, überwiegt im andern das Schwarz über das Weiss. Alle Werthe von 1 bis ∞ werden also allen denkbaren Übergangsstufen vom mittlen Grau (=1) bis zum reinsten Weiss ($=\infty$) entsprechen, und alle Werthe von 1 bis 0 allen denkbaren Übergängen vom mittlen Grau bis zum reinsten Schwarz. Ebensogut aber könnte man alles umkehren und überall die reciproken Werthe einsetzen, so dass die Werthe zwischen 1 und ∞ den Übergängen vom mittlen Grau bis zum reinsten Schwarz, die Werthe zwischen 1 und 0 den Übergängen von demselben Grau bis zum reinsten Weiss entsprächen. Denn es ist, da es sich nur um Verhältnisse und nicht um Grössen handelt, gleichgiltig, ob man das Weiss oder das Schwarz zum Nenner des als Bruch geschriebenen Verhältnisses macht, und zwischen 1 und ∞ liegen genau ebensoviel mögliche Verhältnisse wie zwischen 1 und 0, denn die letztern sind die reciproken Werthe der erstern.

Denken wir uns jetzt alle Übergangsempfindungen vom reinsten Schwarz bis zum reinsten Weiss auf der Geraden *sw* (Fig. 2) gelegen,

Fig. 2.



so dass der Endpunkt *s* dem reinsten Schwarz, der Endpunkt *w* dem reinsten Weiss und der Mittelpunkt *m* dem mittlen Grau entspricht. Auf dieser Geraden als Abscissenaxe können wir uns für jeden Punkt derselben, d. h. für jede schwarzweisse Empfindung, die Deutlichkeit des in derselben enthaltenen Weiss oder

den Grad ihrer Verwandtschaft mit Weiss durcch eine nach oben, den Grad ihrer Verwandtschaft mit Schwarz durch eine nach unten gehende Ordinate versinnlichen, so dass das Verhältniss der beiden Ordinaten, dem Verhältnisse der beiden Verwandtschaftsgrade oder dem Mischungsverhältnisse von Weiss und Schwarz entspricht. Da hiebei auf die absolute Grösse dieser + und — Ordinaten nichts ankommt, sondern nur ihr Verhältniss von Bedeutung ist, so können wir im Endpunkte *s* eine — Ordinate *ss'* von beliebiger Länge errichten, im Endpunkte *w* eine gleichlange + Ordinate *ww'*, und *s* mit *w'*, *w* mit *s'* durch je eine Gerade verbinden. Legen wir nun durch einen beliebigen Punkt der Geraden *sw* eine Senkrechte, so wird sie von den Linien *sw'* und *ws'* geschnitten, und das Verhältniss der hiedurch bestimmten Ordinaten gibt uns das Verhältniss, welches in der entsprechenden Empfindung zwischen dem Schwarz und Weiss besteht. So entsprechen z. B. die auf der Linie *sw* markirten Punkte *d* und *h* den beiden oben erwähnten grauen Empfindungen, in welchen das Verhältniss zwischen Weiss und Schwarz gleich $\frac{1}{2}$ (ein Dunkelgrau), beziehungsweise $\frac{2}{1}$ (ein Hellgrau) ist.

Die Linie *sw'* versinnlicht uns also das Ansteigen der Deutlichkeit, mit welcher das Weiss in der Empfindung hervortritt, je weiter wir uns dem reinen Weiss nähern, die Linie *s'w* die entsprechende Abnahme der Deutlichkeit des Schwarz.

Übrigens aber versteht sich, dass jeder Punkt der Linie *sw* schon durch seine Lage auf derselben das Verhältniss $\frac{W}{S}$ darstellt, insofern das Verhältniss seiner Abstände von *s* und *w* immer dasselbe ist wie das der beiden in ihm errichteten Ordinaten, wobei sein Abstand von *w* der negativen, sein Abstand von *s* der positiven Ordinate entspricht.

Will man nur die sogenannte Helligkeit einer schwarzweissen Empfindung oder den Grad ihrer Verwandtschaft mit dem reinen Weiss numerisch bestimmen, so kann man dies dadurch, dass man den Antheil des Weiss an der gegebenen Empfindung durch das Verhältniss ausdrückt, in welchem die weisse Partialempfindung zur schwarzweissen Totalempfindung steht. Im mittlern Grau z. B. ist W = S, folglich das Verhältniss der

Partialempfindung Weiss zur Totalempfindung Grau wie 0,5 : 1 oder kurzweg 0,5, da die Totalempfindung hier, weil es wieder nur auf Verhältnisse ankommt, immer gleich 1 gesetzt werden kann. Im obenerwähnten Hellgrau $\left(\frac{W}{S} = \frac{2}{1}\right)$ ist dann die Helligkeit = 0,666..., im erwähnten Dunkelgrau $\left(\frac{W}{S} = \frac{1}{2}\right) = 0{,}333...$, im idealen Weiss = 1, im idealen Schwarz = 0 zu setzen. In ganz entsprechender Weise lässt sich die Dunkelheit jeder schwarzweissen Empfindung oder der Grad ihrer Verwandtschaft mit dem reinen Schwarz bezeichnen, und man erhält dann für jede beliebige schwarzweisse Empfindung einen Dunkelheitswerth, welcher sich mit ihrem Helligkeitswerthe zu 1 ergänzt.

Setzen wir die Länge der Linie *sw* (Fig. 2) = 1, so entspricht für jede beliebige durch einen Punkt auf dieser Linie repräsentirte Empfindung der Abstand dieses Punktes von *s* dem Helligkeitsgrade, der Abstand von *w* dem Dunkelheitsgrade der Empfindung.

Wenn es nun auch in keinem Falle möglich ist, genau anzugeben, an welchen Punkt der Linie *sw* eine gegebene schwarzweisse Empfindung gehört, so sind wir doch im Stande die ungefähre Lage der Empfindung auf dieser Linie zu bestimmen. Die Hauptsache aber ist, dass die hier gegebene numerische und graphische Darstellung der ganzen Mannigfaltigkeit der zwischen Schwarz und Weiss gelegenen Empfindungen uns für die folgenden Untersuchungen von grossem Werthe und ein treffliches Mittel zur Bezeichnung der Qualität, Helligkeit oder Dunkelheit dieser Empfindungen sein wird.

Für besonders wichtig halte ich es ferner, dass durch diese Art der Bezeichnung ganz anschaulich wird, in welchem Sinne man allein berechtigt ist, von einer Intensität oder Helligkeit der Lichtempfindung zu sprechen. Losgelöst von der Beziehung zu dem gleichzeitig empfundenen Schwarz oder Dunkel hat die Empfindung des Weissen oder Hellen keine reale Existenz. Denn das absolut reine Weiss ist uns wie gesagt unbekannt, und keine wirkliche Empfindung ist derart, dass wir behaupten könnten, eine noch weissere oder hellere d. h. noch besser von jeder

Spur des Schattigen oder Dunkeln gereinigte Empfindung sei unmöglich.

§. 23.

Die Empfindung des eigentlichen Schwarz entsteht wie die des Weiss unter dem Einflusse des objectiven Lichtes.

Nach dem gemeinen Sprachgebrauche ist Schwarz ebenso gut eine Farbe wie Weiss, und man spricht von einem reinen Schwarz ebenso wie von einem reinen Weiss. Auch die Physiologie hat sich bereits dazu verstanden, das Schwarz als eine Empfindung zu bezeichnen, statt es, wie früher öfter geschah, als die Abwesenheit jeder Lichtempfindung zu definiren, eine Definition die ebenso unbrauchbar ist wie die Definition des Grün als der Abwesenheit jeder Rothempfindung oder die Definition der Kugel als der Abwesenheit jedes andern Raumgebildes.

Wenn aber auch die heutige Physiologie zugibt, dass Schwarz eine „wirkliche" Empfindung sei, so ist sie doch keineswegs geneigt, diese Empfindung als eine dem Weiss, Grün, Roth etc. durchaus analoge Qualität der Gesichtsempfindung anzusehen, weil sie sich das Sehorgan bei der Empfindung des Schwarz im Zustande der Ruhe, bei den übrigen Gesichtsempfindungen aber im Zustande der Thätigkeit denkt. Gleichwohl ist es eine Thatsache der alltäglichen Erfahrung, welche ich jedoch noch nirgends besonders betont gefunden habe, dass die eigentlich schwarze Empfindung erst unter dem Einflusse des äussern Lichtreizes zu Stande kommt, wie ja auch die weisse Empfindung für gewöhnlich durch objectives Licht hervorgerufen wird; nur mit dem Unterschiede, dass sich die weisse Empfindung unter dem directen, die schwarze aber unter dem indirecten Einflusse des Lichtreizes entwickelt, nämlich durch den sogenannten simultanen oder successiven Contrast. Von pathologischen Zuständen des Sehorganes und von den Empfindungen im Traume sehe ich hierbei ab.

Man lege auf einen beliebigen Tisch ein Stück schwarzen Sammtes und stelle sich so davor, dass es nicht glänzend erscheint, dann wird man ein ziemlich tiefes Schwarz sehen. Nun

schliesse und verdecke man die Augen und vergleiche die Farbe des Gesichtsfeldes mit dem soeben gesehenen Schwarz: man wird zugeben müssen, dass die allerdings auch dunkle Farbe des Gesichtfeldes dem Schwarz des Sammtes nicht nahe kommt, möge man die Augen auch noch so lange geschlossen halten.

Man gehe aus einem hellen Zimmer in ein ganz dunkles und man wird in den ersten Secunden vielleicht ein ziemliches Dunkel, wenn auch kein tiefes Schwarz empfinden, bald aber wird sich dasselbe mehr und mehr aufhellen, auch wenn keine Spur von Licht in das Dunkelzimmer fällt, und nach längerem Aufenthalt in demselben sieht man alles Mögliche, nur kein reines Schwarz.

Man gebe sich, wenn man in einer finstern Nacht in einem dunklen Zimmer aus dem Schlafe erwacht, Rechenschaft von seiner Gesichtsempfindung, und man wird sagen müssen, dass dieselbe durchaus nicht schwarz sei, gleichviel ob man die Augen offen oder geschlossen hat. Genug, man erhält die Empfindung eines tief-dunklen Schwarz nur dann, wenn man daneben die des Hellen hat oder die letztere kurz zuvor an derselben Stelle hatte, am besten wenn beide Bedingungen zugleich erfüllt sind, wenn man also z. B. ein Stück weisses Papier auf ein grösseres Stück schwarzen Sammtes legt, das Papier bei nicht zu greller Beleuchtung einige Zeit fixirt und dann auf den schwarzen Sammt blickt; an der Stelle des negativen Nachbildes erscheint dann der Sammt in besonders tiefem Schwarz.

Wenn man alle diese Thatsachen bedenkt, muss man sich wundern, wie man die Empfindung des Schwarzen als diejenige definiren konnte, welche der ruhenden, nicht durch Licht gereizten Netzhaut eigenthümlich ist. Gerade das Auge, welches vor jedem äusseren Lichtreize sorgfältig und so lange geschützt wurde, bis jede Nachwirkung der vorhergegangenen Erregung durch Licht verklungen ist, gerade dieses empfindet durchaus kein Schwarz, sondern hat Empfindungen, welchen man eine ziemlich bedeutende Helligkeit zuschreiben muss, und welche nach längerem Aufenthalte im absolut dunklen Raume dem Weiss fast ebenso nahe verwandt sind wie dem reinen Schwarz. Ich darf mich hier auch auf Aubert und dessen „Physiologie der Netzhaut“ berufen, ein durch die reiche Fülle interessanter und mit grosser Objectivität geschilderter Beobachtungen ausgezeichnetes Werk.

Aubert sagt[1]: „Der Grund des Gesichtsfeldes erscheint bald nach dem Eintritt in das Finstre gleichmässig dunkel, aber nicht tief schwarz; wenn ich mir schwarzen Sammt lebhaft vorstelle, so scheint mir der Grund des Gesichtsfeldes dagegen heller.“ Weiterhin beschreibt Aubert die mannigfachen subjectiven Lichterscheinungen (Lichtpunkte und Lichtlinien, wandelnde Nebelstreifen, Nebelballen etc.), welche er in dem Dunkelzimmer beobachtete, und sagt von denselben: „Diese Erscheinungen fangen schon in den ersten Minuten nach dem Eintritt ins Finstre an und dauern ununterbrochen fort; sie werden bald lebhafter, namentlich die wallenden Nebel und der centrale helle Nebel sowie die Helligkeit des Grundes, bald matter, scheinen aber nach mehr als dreistündigem Aufenthalte immer eine grosse Lebhaftigkeit zu erreichen.“

Die jetzt üblichen, mit den Thatsachen so wenig in Einklang stehenden Ansichten über das Schwarz erklären sich daraus, dass man erstens bei der Untersuchung der Gesichtsempfindungen sich nicht zunächst lediglich an diese hielt, sondern sogleich ihre physikalischen Ursachen mit hineinzog, daher denn die Empfindung des Weissen oder Hellen, weil sie meist durch äusseres Licht erzeugt wird, als etwas Positives der Empfindung des Schwarzen als etwas Negativem entgegengestellt wurde; und zweitens daraus, dass spiritualistische Hypothesen in die Empfindungslehre eingemengt wurden. Man bemerkte wohl, dass die Empfindung des vor äusserem Lichte geschützten Auges kein eigentliches Schwarz sei, man betonte sogar den „innern Lichtnebel“, legte aber doch auf die höchst bemerkenswerthe Thatsache, dass man ein tiefes Schwarz im allgemeinen nur im erleuchteten Raume sieht, weiter kein Gewicht, weil man meinte, dieses tiefe Schwarz sei nur eine durch simultane Contrastwirkung erzeugte Täuschung und existire hier nur in der Vorstellung, nicht aber als eigentliche Empfindung. Nur das durch successiven Contrast entstandene Schwarz liess man als eine, dem Zustande der Netzhaut wirklich entsprechende und nicht blos durch falsche Schlüsse vorgetäuschte

[1] Physiologie der Netzhaut S. 333.

Empfindung gelten, weil man annahm, dass die ermüdete Netzhaut ein geringeres Eigenlicht und daher ein reineres Schwarz zur Empfindung bringen müsse, als die nicht ermüdete. Hierbei aber übersah man, dass man bei blos successivem Contraste, z. B. also nach längerer Betrachtung eines hellen Objectes auf dunklerem Grunde, im geschlossenen Auge kein Schwarz sieht, welches an Tiefe dem irgend gleich kommt, welches man sieht, wenn man im erleuchteten Raume das negative Nachbild eines hellen Objectes auf einer begrenzten dunklen Fläche sich entwickeln lässt, dass also die Netzhaut partiell beleuchtet sein muss, wenn sie das tiefste Schwarz empfinden soll.

Die im Gesichtsfelde des verdunkelten Auges ausgebreitete Empfindung hat man sich zeither vorgestellt wie eine schwarze, in der menschlichen Seele aufgestellte Tafel, auf welcher dann durch äusseres Licht oder durch innere Reize weisse und bunte Bilder gemalt und wieder weggewischt werden. Je dicker das Weiss und die Farben aufgetragen werden, desto heller erscheint das Weiss, desto gesättigter die Farben und desto weniger scheint der schwarze Grund durch. Im übrigen hat man sich um diese schwarze Tafel nicht weiter gekümmert, sondern nur die Bilder auf derselben studirt.

Nun lehrt aber die unbefangene Analyse der Gesichtsempfindungen, dass das Schwarz oder Dunkel ganz ebenso variabel ist, als das Weiss oder Hell, und dass die eine Empfindung durchaus dieselbe Berücksichtigung verdient wie die andere. Bedenkt man dazu, dass, wie soeben gezeigt wurde, nicht blos die weisse sondern auch die schwarze Empfindung eine Function der Beleuchtung der Netzhaut ist, so ergibt sich die Nothwendigkeit, dem psychophysischen Zustande oder Processe, welcher der Empfindung des Schwarzen entspricht, dasselbe Interesse zuzuwenden, wie dem andern, welcher die Empfindung des Hellen bedingt.

§. 24.

Über Hell und Dunkel, verglichen mit Weiss und Schwarz.

Mit Absicht habe ich im Obigen die Worte Weiss und Hell, Schwarz und Dunkel als ganz gleichwerthige benützt, obwohl sie dies nach dem Sprachgebrauche nicht durchaus sind. Treffend bemerkt Helmholtz,[1] dass wir immer „die Neigung haben zu trennen, was in der Farbe oder dem Aussehen eines Körpers von der Beleuchtung und was von der Eigenthümlichkeit des Körpers selbst herrührt". Dem entsprechend pflegen wir die Worte hell und licht, dunkel und finster vorherrschend, wenn auch durchaus nicht immer, in Bezug auf die Art der Beleuchtung, die Worte weiss, grau und schwarz in Bezug auf die Eigenschaften der so erscheinenden Aussendinge anzuwenden.

Wenn auf einen Theil eines weissen Papiers ein Schatten fällt, so nennen wir den beschatteten Theil nicht grau, sondern dunkler, obwohl das Licht, welches er aussendet, genau dieselbe Intensität und Zusammensetzung haben kann, wie das von einem grauen Papiere ausgehende; und wenn wir auf ein graues Papier mittels eines spiegelnden Körpers reflectirtes Licht fallen lassen, so nennen wir die hellere Stelle des Papiers nicht weiss, sondern nur heller, obwohl sie vielleicht genau dasselbe Licht gibt, wie ein daneben liegendes weisses Papier. Der Verschiedenheit der Bezeichnung entspricht hierbei eine Verschiedenheit der Wahrnehmung. Das Dunkel, welches im Grau gesehen wird, ist mit dem gleichzeitig darin enthaltenen Weiss vollständig zu einer Empfindung besonderer Qualität verschmolzen; das Dunkel aber, welches als Schatten auf dem Weiss erscheint, wird als ein besonderes, über dem Weiss liegendes Etwas aufgefasst, durch welches hindurch wir noch das Weiss zu sehen meinen. Analog verhält es sich mit einem auf grauem Papiere mittels eines Spiegels erzeugten helleren Flecke, insofern hier das Helle, welches zu dem schon vorhandenen Grau hinzukommt, mit diesem nicht zu einem helleren Grau oder zu Weiss verschmilzt, sondern gesondert als blosses Licht aufgefasst wird, welches dem Grau

[1] Physiol. Optik S. 287.

äusserlich aufliegt, und unter welchem wir noch das Grau zu sehen meinen.

Solche Fälle, in denen der gleiche Reiz je nach den Nebenumständen zu ganz verschiedenen Wahrnehmungen führt, sind auf den verschiedenen Sinnesgebieten bekanntlich sehr häufig, und man pflegt zu sagen, dass dabei die „Empfindung" eine verschiedene „Auslegung" erfahre, oder dass das gegebene Empfindungsmaterial durch unbewusste Schlüsse zu verschiedenen „Vorstellungen" verarbeitet werde. Hiebei wird offen oder versteckt die Annahme gemacht, dass die Empfindung etwas mehr Körperliches, die Auslegung der Empfindung oder die Verarbeitung derselben zu Vorstellungen etwas mehr Geistiges sei. Diese Annahme aber ist vom Standpunkte der Physiologie entschieden zurückzuweisen, denn sie führt dazu, die ganze Mannigfaltigkeit der psychischen Processe in zwei grosse Classen zu theilen, nämlich in solche, welche direct und unmittelbar, und in solche, welche nur mittelbar von den Zuständen des Nervensystems abhängig und daher mehr als Producte einer freien Geistesthätigkeit anzusehen sind. Es entspricht diese Theilung des gesammten psychischen Materiales ungefähr der alten Unterscheidung von Seele und Geist. Sie ist der Ausfluss eines Spiritualismus, welcher sich mit der Physiologie abzufinden sucht, indem er derselben die „reinen Empfindungen" opfert, dafür aber die „Vorstellungen" ganz für sich und den Geist reservirt wissen will.

Wenn ich mich oben dahin aussprach, dass dasselbe objective Licht je nach den Nebenumständen bald als eine Eigenschaft (Farbe) der Aussendinge, bald aber als Licht oder Dunkel (Schatten, Finsterniss) wahrgenommen werden könne, so wollte ich damit nicht gesagt haben, dass trotz dieser verschiedenen Wahrnehmung doch die Empfindung, entsprechend der Gleichheit des Reizes, in beiden Fällen dieselbe sei. Vielmehr meine ich, dass die Empfindung in beiden Fällen wesentlich verschieden ist, was trotz gleichem Reize deshalb möglich ist, weil die Lichtempfindung nicht blos eine Function des Reizes und der jeweiligen Beschaffenheit der zunächst getroffenen nervösen Theile ist, sondern auch mit abhängt von der Beschaffenheit der zum Sehact in Beziehung stehenden Hirntheile, in welchen die optischen Erfahrungen des ganzen Lebens gleichsam organisirt enthalten sind.

Wie der Klang, welchen ein Clavier gibt, wenn man eine Taste desselben anschlägt, nicht blos abhängt von den Schwingungen der Saiten, welche der Schlag direct trifft, sondern auch von der Resonanz des ganzen Instrumentes, was bei aufgehobener Dämpfung am offenbarsten, aber auch sonst immer der Fall ist; so ist auch die Empfindung, welche ein äusserer Reiz in uns erweckt, nicht blos abhängig von der Nervenfaser, welche zunächst vom Reize getroffen wird, sondern ist zugleich das Ergebniss der Resonanz unsres ganzen Sensoriums. Ein scheinbar unbedeutender Nebenumstand hebt gleichsam den Dämpfer von gewissen Saiten ab und lässt sie mit anklingen, so dass der Charakter der Empfindung ein wesentlich anderer wird.

Es ist richtig, dass diese grosse Resonanzfähigkeit unseres Gehirns die Untersuchung der Beziehungen zwischen Reiz und Empfindung ausserordentlich erschwert, und wir vermögen uns nur dadurch einigermassen zu helfen, dass wir unter den möglichst einfachen Bedingungen beobachten und nur solche Empfindungen vergleichen, welche unter annähernd gleichen Bedingungen gewonnen wurden. Angewendet auf unsern besondern Fall bedeutet diese Regel, dass wir zunächst nur solche Gesichtsempfindungen mit einander vergleichen sollen, welche in analoger Weise von uns „ausgelegt“ werden. Wir dürfen also, wenn es sich um die Gleichheit oder den Unterschied zweier Helligkeiten oder Dunkelheiten handelt, nicht ein als Licht empfundenes Hell oder ein als Schatten oder Finsterniss empfundenes Dunkel vergleichen mit einem als Körperfarbe empfundenen Weiss, Grau oder Schwarz.

Da es viel schwieriger ist, scharf begrenzte Schatten oder Lichter von beliebiger Form und Helligkeit oder Dunkelheit zu erzeugen, so habe ich die handgreiflichsten Erscheinungen der Induction und des Contrastes auf Grund von Versuchen mit weissem, grauem und schwarzem Papier beschrieben. Aber alle diese Versuche lassen sich auch auf weissen oder grauen Flächen mit Hilfe darauf geworfener Lichter oder Schatten anstellen, und deshalb war es gestattet, Weiss und Hell, Schwarz und Dunkel zunächst als für unsre Versuche gleichwerthig anzusehen, und dies um so mehr, als ich überall das Hauptgewicht auf die im geschlossenen und verdunkelten Auge beobachteten Nachempfin-

dungen gelegt habe, bei welchen es einen Unterschied zwischen Licht, Hell und Weiss, oder zwischen Finster, Dunkel und Schwarz nicht mehr gibt.

Dies alles gilt jedoch nur von den farblosen Empfindungen; denn die Helligkeit oder Dunkelheit einer farbigen Empfindung hängt nicht lediglich von dem Verhältnisse des in ihr mit enthaltenen Schwarz und Weiss ab.

Um Missverständnisse zu vermeiden, war ich zu dieser kurzen und deshalb vielleicht oberflächlich scheinenden Erörterung genöthigt. Der in diesem Paragraphen besprochene Gegenstand erfordert freilich eine viel ausführlichere, gründlichere Besprechung, die ich später auch zu geben gedenke. Hier wollte ich nur meinen Standpunkt in dieser Frage kurz bezeichnen.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE CLASSE.

LXIX. Band.

DRITTE ABTHEILUNG.

4.

Enthält die Abhandlungen aus dem Gebiete der Physiologie, Anatomie und theoretischen Medicin.

X. SITZUNG VOM 16. APRIL 1874.

Herr Custos Th. Fuchs zeigt mit Schreiben vom 5. April seine und seines Assistenten A. Bittner an diesem Tage erfolgte Abreise nach Malta an und erstattet der Akademie seinen Dank für die vielfache Unterstützung seines Unternehmens.

Der ungarische Karpathen-Verein in Kesmark dankt mit Schreiben vom 3. April für einige ihm zugesendete akademische Publicationen.

Der Secretär legt folgende eingesendete Abhandlungen vor:

„Über die verschiedene Erregbarkeit functionell verschiedener Nervmuskelapparate", vom Herrn Prof. Dr. Alex. Rollett in Graz.

Diese Mittheilung ist für den Anzeiger bestimmt.

„Über einige neue Staubfiguren", vom Herrn Dr. V. Dvořák in Prag, eingesendet durch Herrn Regierungsrath Dr. E. Mach.

„Experimenteller Beitrag zur Lehre von der Athembewegung" vom Herrn Prof. Dr. Sigm. Mayer in Prag, eingesendet durch Herrn Prof. Dr. Ew. Hering.

„Über die Reproductions-Organe der Aale", vom Herrn Dr. Syrski in Triest.

„Über neue und ungenügend bekannte Vögel von Neu-Guinea und den Inseln der Geelvinksbai." III. Mittheilung, vom Herrn Dr. Ad. Bernh. Meyer.

„Zur Erklärung der periodischen Änderungen der Elemente des Erdmagnetismus", vom Herrn Dr. J. Odstrčil, Gymnasial-Professor in Teschen.

Herr Prof. Dr. Ed. Suess legt eine Abhandlung des Herrn A. Bittner vor, betitelt: „Beiträge zur Kenntniss des Erdbebens von Belluno vom 29. Juni 1873."

Herr Regierungsrath Dr. K. v. Littrow berichtet über die am 11. April vom Herrn Hofrathe Winnecke in Strassburg gemachte Entdeckung eines neuen teleskopischen Kometen.

Herr Hofrath Dr. H. Hlasiwetz legt eine Abhandlung: „Über das Cinchonin", vom Herrn Dr. H. Weidel vor.

Herr Prof. Dr. Jul. Wiesner überreicht eine Abhandlung, betitelt: „Untersuchungen über die Beziehungen des Lichtes zum Chlorophyll."

Herr Dr. C. Toldt, k. k. Regimentsarzt, Prosector und Docent an der Wiener Universität, übergibt eine Abhandlung, betitelt: „Untersuchungen über das Wachsthum der Nieren des Menschen und der Säugethiere".

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Académie Royale de Copenhague: Mémoires. (Skrifter.) 5me Série. Classe des Sciences. Vol. X, Nrs. 3—6. Copenhague, 1873; 4°. — Bulletin. (Oversigt.) 1873, Nr. 1. Kjøbenhavn; 8°.

Accademia, Reale, delle Scienze di Torino: Memorie. Serie IIda. Tomo XXVII. Torino, 1873; 4°. — Bollettino meteorologico ed astronomico del Osservatorio dell' Università di Torino. Anno VII. 1873. Torino; 4°.

Akademie der Wissenschaften, Königl. Bayer., zu München: Sitzungsberichte. Philos.-philolog. und histor. Classe. 1873. Heft 4—5; Mathem.-physik. Classe. 1873. Heft 2. München; 8°.

— Koninkl., van Wetenschappen te Amsterdam: Verhandelingen. XIII. Deel. Amsterdam, 1873; 4°. — Verslagen en Mededeelingen. Afd. Letterkunde. II. Reeks. III. Deel; Afd. Natuurkunde. VII. Deel. Amsterdam, 1873; 8°. — Jaarboek. 1872. Amsterdam; 8°. — Processen Verbaal. 1872/3. 8°. — Esseiva, Petrus, *Gaudia domestica. Amstelodami, 1873; 8°.*

American Chemist. Vol. IV, Nr. 9. Philadelphia, 1874; 4°.

Annalen (Justus Liebig's) der Chemie & Pharmacie. N. R. Band 95, Heft 2 & 3. Leipzig & Heidelberg, 1874; 8°.

Apotheker-Verein, allgem. österr.: Zeitschrift (nebst Anzeigen-Blatt). 12. Jahrgang, Nr. 10. Wien, 1874; 8°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Tome LXXVIII, Nrs. 11—13. Paris, 1874; 4°.

Gesellschaft, k. k. geographische, in Wien: Mittheilungen. Band XVII (neuer Folge VII), Nr. 3. Wien, 1874; 8°.

— österr., für Meteorologie: Zeitschrift. IX. Band, Nr. 7. Wien, 1874; 4°.

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Wochenschrift. XXXV. Jahrgang, Nr. 13—15. Wien, 1874; 4°.

Landbote, Der steirische. 7. Jahrgang, Nr. 7. Graz, 1874; 4°.

Landwirthschafts-Gesellschaft, k. k., in Wien: Verhandlungen und Mittheilungen. Jahrgang 1874, Nr. 5. Wien; 4°.

Meyer, Adolf Bernhard, Anthropologische Mittheilungen über die Papuas von Neu-Guinea. I. Äusserer physischer Habitus. Wien, 1874; 8°.

Mittheilungen des k. k. techn. & administr. Militär-Comité. Jahrgang 1874, 3. Heft. Wien; 8°.

Moniteur scientifique du D^teur^ Quesneville. 388e Livraison. Paris, 1874; 4°.

Museum of Comparative Zoölogy, at Harvard College: Illustrated Catalogue. Nr. VII. Part III. Cambridge, 1873; 4°.

— The Geological, of Calcutta: Memoirs in 8°. Vol. X. Part 1. Calcutta, 1873; *Palaeontologia Indica.* (Memoirs in 4°.) Ser. VIII. Vol. IV, 3—5; Ser. IX. Vol. I, 1. Calcutta, 1873. — Records. Vol. VI. Parts 1—4. 1873. Calcutta; kl. 4°.

Nature. Nrs. 226, 230—232, Vol. IX. London, 1874; 4°.

Osservatorio del R. Collegio Carlo Alberto in Moncalieri: Bullettino meteorologico. Vol. VIII, Nr. 9. Torino, 1874; 4°.

Reichsanstalt, k. k. geologische: Verhandlungen. Jahrgang 1874, Nr. 5. Wien; 4°.

„Revue politique et littéraire“ et „Revue scientifique de la France et de l'étranger.“ IIIe Année, 2me Série, Nrs. 39—41. Paris, 1874; 4°.

Société de Biologie: Comptes rendus des séances et Mémoires. IIme Série. Tomes I—III. Années 1854—1856. IIIme Série. Tomes III—V. Années 1861—1863. IVme Série. Tomes I—II. Années 1864—1865. Paris, Londres & New-York; 8°.

— des Ingénieurs civils: Mémoires et Compte rendu des travaux. 3me Série. 26me Année, 3me & 4me Cahiers. Paris, 1873; 8°. — Résumés des travaux de chaque séance. Année 1873. Pages 195—286; Année 1874. Pages 1—80. Paris; 8°.

Society, The Chemical, of London: Journal. Ser. 2, Vol. XI. August to December 1873; Vol. XII. January 1874. London; 8°.

Verein, naturhistorischer, der preuss. Rheinlande und Westphalens: Verhandlungen. XXIX. Jahrgang. (III. Folge: 9. Jahrgang), 2. Hälfte. 1872; XXX. Jahrgang (III. Folge: 10. Jahrgang), 1. Hälfte. 1873. Bonn; 8°.

Wiener Medizin. Wochenschrift. XXIV. Jahrgang, Nr. 13—15. Wien, 1874; 4°.

Zeitschrift des österr. Ingenieur- & Architekten-Vereins. XXVI. Jahrgang, 5. Heft. Wien, 1874; 4°.

Experimenteller Beitrag zur Lehre von den Athembewegungen.

Von Prof. Dr. **Sigmund Mayer,**
Assistent am physiologischen Institute der Universität zu Prag.

(Mit 4 Tafeln.)

Die Thatsache, dass man durch Reizung gewisser in der Bahn der Nervi vagi verlaufender Fasern einen mehr oder weniger lang andauernden Stillstand des Herzens hervorrufen kann, musste auf den Gedanken führen, die mit dem Herzstillstande einhergehende tiefgreifende Störung in der normalen Blutcirculation methodisch zur Lösung anderer Fragen herbeizuziehen. In der That hat man nun auch den experimentell auf die eben berührte Art hervorgerufenen Herzstillstand mehrfach in dieser Hinsicht verwerthet.[1]

In den nachfolgenden Blättern will ich Versuche beschreiben und erörtern, welche, angestellt unter Zuhilfenahme der durch Vagusreizung hervorgerufenen Herzpause, dazu dienen dürften, über einige Sätze aus der Lehre von den Athembewegungen Licht zu verbreiten.

Die Versuche sind an mit Opium oder Morphium vorsichtig betäubten Hunden angestellt.[2] Herzschlag und Blutdruck sind in bekannter Weise mit dem Kymographion graphisch verzeichnet. Ebenso wurden die Athembewegungen gleichzeitig mit Herzschlag und Blutdruck auf dieselbe berusste Trommel aufgeschrieben und zwar unter Anwendung verschiedener Methoden.

---

[1] Vergl. u. a. Brunner, Untersuchungen über die mittlere Spannung im Gefässsystem, Inauguraldissertation (unter Ludwig's Leitung). Zürich 1854.

Hafiz, Ueber die motorischen Nerven der Arterien, die innerhalb der quergestreiften Muskeln verlaufen, in Ber. der kön. sächs. Gesellschaft d. Wissensch. 1870. pag. 215.

[2] Es ist für das Gelingen der zu beschreibenden Versuche wichtig, dass die Thiere narcotisirt sind. Ohne Narcose treten während des Herzstillstandes und nach demselben äusserst stürmische Reactionen auf, welche

Das Wesentliche der später zu beschreibenden Erscheinungen erhält man schon ganz deutlich auf der Curve ausgedrückt, wenn man eine Glascanüle, die durch einen Kautschukschlauch mit der Marey'schen Trommel in Verbindung steht, in ein Nasenloch des Versuchsthieres einführt.

Zweitens kann man den einen Schenkel einer in die Trachea eingeführten ⊤förmigen Canüle mit dem Marey'schen Kardiographen in Communication setzen. Endlich erschien es mir zweckmässig, die Athmung so zu verzeichnen, dass man Aufschluss erhielt über die ganzen Werthe der Druckschwankungen im Thorax. Um dies zu erreichen, liess ich das Versuchsthier, nach dem Vorgange von Kratschmer[1] aus einem geschlossenen Luftraume athmen, der auf der einen Seite durch den einen Schenkel einer Trachealcanüle mit den Luftwegen, auf der anderen Seite mit dem Marey'schen Cardiographen in Verbindung stand.

Da ich einen im Verhältniss zur Grösse des Thieres ansehnlichen Luftraum benützte und weiterhin jedes enge Schaltstück vermied, indem ich den weiten Hals der Athemflasche durch ein weites Kautschukrohr mit der Canüle verband, so wurde das Thier im respiratorischen Gaswechsel so gut wie gar nicht alterirt. Zudem macht der Versuch das Athmen des Thieres aus der Flasche nur während eines sehr kurzen Zeitraumes erforderlich, so dass die Vortheile dieser Versuchsanordnung die schon von Kratschmer hervorgehobenen Nachtheile derselben aufwiegen.

Die Reizung des Nervus vagus wurde durch Inductionsströme bewerkstelligt, die von einem mit zwei Daniell'schen Elementen in Gang gesetzten Du-Bois'schen Schlittenapparat geliefert wurden. Der Moment der Nervenreizung und andere während des

---

offenbar von sehr starken Erregungen derjenigen Theile des Grosshirns herrühren, welche durch die Narcose ausser Function gesetzt werden. Es muss aber auch darauf geachtet werden, dass dem Versuchsthiere nicht allzu grosse Dosen Opium einverleibt werden, wodurch leicht Alterationen in den Functionen des Athemcentrums gesetzt werden, welche die Prägnanz der Resultate beeinträchtigen können.

[1] Vergl. diese Sitzungsberichte Bd. 62, Jahrg. 1870: Über Reflexe von der Nasenschleimhaut auf Athmung und Kreislauf.

Versuches vorgenommene wesentliche Eingriffe wurden elektromagnetisch auf der Tafel angemerkt.

Cardinalbedingung für das Gelingen der zu beschreibenden Versuche ist die, dass man durch Vagusreizung einen zum mindesten 8—10″ andauernden Herzstillstand erzielen kann. Es kommt, wenn auch nur selten, vor, dass ein Thier sowohl auf eine einseitige als auch doppelseitige Vagusreizung keinen Stillstand des Herzens, sondern nur starke Pulsverlangsamung zeigt. Solche Thiere zeigen nur Andeutungen der alsbald zu beschreibenden Erscheinungen und sind desshalb für unsere Zwecke nicht tauglich.

Da übereinstimmende Untersuchungen der letzten Zeit ergeben haben, dass die im Vagus verlaufenden hemmenden Fasern für das Herz auch bei Säugethieren ungleich auf die Nervenstämme der rechten und linken Seite vertheilt sind[1], gewöhnlich in der Art, dass vom Nervus vagus der rechten Seite eine stärkere hemmende Wirkung erzielt werden kann, so dürfte es räthlich erscheinen, die Reizung immer zuerst am Nerven der rechten Seite vorzunehmen.

Ich werde nun zuerst die hier in Frage kommenden Erscheinungen in den verschiedenen Formen ihres Auftretens beschreiben, um sodann eine nähere Analyse derselben vorzunehmen.

Reizt man den Halsvagus bis zum vollständigen Herzstillstand, so werden, während der completen Herzpause, die Athemzüge rascher und tiefer. Unterbricht man nun plötzlich die Reizung, so dass mit den wiederkehrenden normalen Herzcontractionen der Blutdruck rasch wieder der vor der Reizung bestandenen Höhe zustrebt, so reiht sich an die vorher beobach-

---

[1] Vergl. in dieser Beziehung die Angaben von Masoin, Différences entre le nerf pneumogastrique droit et le nerf pneumogastrique gauche pour leur action suspensive sur le cœur in Bulletin de l'academie royale de médecine de Belgique, tome VI, citirt nach Centralblatt für die medicin. Wissenschaften, 1872, pag. 671.

Von Arloing und Tripier: Contributions à la physiologie des nerfs vagues in Archives de physiologie normale et pathologique, 1872, pag. 588.

Von Knoll: Ueber die Veränderungen des Herzschlages bei reflectorischer Erregung des vasomotorischen Nervensystems etc. in diesen Sitzungsberichten, Bd. 66, Juli 1873.

teten tiefen und raschen Athmungen ein vollständiger Stillstand der Athmung an, der unter günstigen Verhältnissen bis zu einer halben Minute andauern kann.

Macht man die Vagusreizung von so langer Dauer, dass das Herz wieder spontan, wenn auch seltener als vor der Reizung, zu schlagen beginnt, so sieht man, wie die während des Herzstillstandes rasch und tief ablaufenden Athembewegungen mit dem Wiederbeginne der Pulsationen entweder durch längere Pausen von einander getrennt werden oder vollständiger Athemruhe Platz machen.

Unterbricht man die Vagusreizung nach kurzdauerndem Stillstande des Herzens, so dass eine Serie rascher Pulse erfolgt, um alsdann durch Wiederaufnahme der Reizung einen erneuten Herzstillstand hervorzurufen, so schliesst sich jedesmal an die Perioden der wiederbegonnenen Herzpulsationen eine längere Pause in den Athembewegungen an.[1]

Diese Versuche werden in ihrem Ergebniss nicht wesentlich alterirt, wenn, ausser dem Nervus vagus, an welchem die Reizung vorgenommen wird, auch der Vagus der anderen Seite durchschnitten wird.

Wir haben bei der Schilderung der in Rede stehenden Phänomene nur von einem Stillstand der Athembewegungen gesprochen. Es ist für die Beurtheilung des Stillstandes aber wesentlich, zu wissen, ob derselbe in Inspirations- oder in Exspirationsstellung des Thorax erfolgt. Die directe Inspection des Thorax sowohl als auch die verschiedenen Methoden der graphischen Aufzeichnung der Athembewegungen ergeben das Resultat, dass der Athmungsstillstand in Exspirationsstellung resp. Ruhestellung des Brustkastens erfolgt. Hiermit im Einklange steht das Ergebniss der Beobachtung über die Art und Weise, wie der Wiederbeginn der Athmung sich abspielt. Es tritt nämlich das Thier aus dem Athmungsstillstande mit einer Inspirationsbewegung heraus.

---

[1] Die dieser Arbeit beigegebenen Curven, welche genaue Copien der Originale sind, werden diese Versuchsergebnisse noch besser übersehen lassen. Bei der Erklärung der Tafeln werde ich noch auf mehrere bei den Versuchen zur Beobachtung kommende Einzelnheiten zurückkommen.

Was nun die Erklärung der beschriebenen Erscheinungen betrifft, so lässt sich dieselbe aus einer Reihe einfacher Betrachtungen, die in vollständigem Einklange mit sichergestellten Erfahrungen stehen, ableiten.

Durch den Herzstillstand sistiren wir die Blutzufuhr zum Athemcentrum im Hirn und das daselbst nun stagnirende Blut erregt durch seine successive Verarmung an Sauerstoff dieses Centrum stärker, so dass raschere und tiefere Athemzüge erfolgen (Dyspnoe).

Diese tiefen und raschen Athemzüge werden aber offenbar der in den Lungen befindlichen Blutmenge zu Gute kommen in der Art, dass das stagnirende Blut die Arterialisation in weit höherem Grade erfährt, als wir sie durch rasche und ausgiebige Einblasungen von Luft mit dem Blasebalge zu erzielen im Stande sind. Indem nun das Herz mit dem Wiederbeginne seiner Thätigkeit einen Strom hocharteriellen Blutes in das Hirncentrum für die Athembewegungen schleudert, wird das letztere von einem Strome von Blut durchflossen, welches, nach bekannten Erfahrungen, nicht im Stande ist, Athembewegungen auszulösen.

Der Athemstillstand stellt also nichts anderes dar, als eine Apnoe, wie sie bis jetzt, so weit ich finde, nur durch künstliche Lufteinblasungen mit dem Blasebalge hervorgerufen werden konnte.

Die von mir in vorstehenden Zeilen geschilderte Methode, Apnoe zu erzeugen, hat aber, wie man wohl zugeben wird, vor der allgemein gebräuchlichen nicht unwesentliche Vorzüge. Der gerade nicht sehr elegante Eingriff der lange fortzusetzenden energischen Blasebalgarbeit wird dabei vollständig umgangen. Durch den einfachen Kunstgriff des Herzstillstandes durch Vagusreizung versetzen wir das Thier in einen Zustand, in dem es successive, vermöge seiner eigenen vitalen Functionen, sein Blut derart verändert, dass das Athemcentrum aus dem Zustand der Eupnoe in denjenigen der Dyspnoe und schliesslich in den der Apnoe übergeht. Wir haben ausserdem bei der beschriebenen Methode, ein Thier apnoisch zu machen, noch den günstigen Umstand hervorzuheben, dass die von dem wechselnden Sauerstoff- und Kohlensäuregehalt des Blutes bedingten Thätigkeitsäusserungen des cerebralen Athemcentrums auf einen relativ kurzen Zeitraum zusammengedrängt erscheinen.

Indem wir nun dazu übergehen, die Beweise für die eben ausgeführte Erklärung der beschriebenen Versuche zu liefern, dürfte es wohl überflüssig erscheinen, länger bei dem Phänomen zu verweilen, dass, unter dem Einflusse der sistirten Blutcirculation, die dyspnoischen Athembewegungen auftreten. In dieser Beziehung mag einfach daran erinnert werden, dass der complete Herzstillstand in seinen Folgen identisch ist mit der Verschliessung aller zum Hirn führenden arteriellen Blutbahnen, wie dieselbe von Kussmaul und Tenner, von Rosenthal u. A. ausgeführt wurde.

Die oben aufgestellte Behauptung, dass der von uns beobachtete Athemstillstand eine Apnoe darstellt, producirt durch einen das cerebrale Centrum der Athembewegungen durchfliessenden Strom hocharteriellen Blutes, lässt sich nun noch weiterhin durch nachfolgende Betrachtungen und Versuche evident machen.

Wenn man während des Herzstillstandes verhindert, dass die dyspnoischen Athembewegungen das in den Lungen stagnirende Blut hocharteriell machen, so muss natürlich, da nun die wieder beginnende Herzthätigkeit ein in sehr hohem Grade venöses Blut in das Athemcentrum treibt, der beschriebene Effect ausbleiben. Dies beobachtet man nun wirklich; lässt man das Thier während des Herzstillstandes nicht aus der freien athmosphärischen Luft, sondern aus einem geschlossenen Luftraume durch enge, den Gaswechsel erschwerende Verbindungsstücke athmen, so bleibt der Athemstillstand aus und es dauern statt dessen die dyspnoischen Erscheinungen fort. Denselben Effect erzielt man, wenn man während des Herzstillstandes die Trachea verschliesst.

Es sind weiterhin die Einwände in Betracht zu ziehen, welche darauf hinausgehen könnten, die beschriebene Apnoe nicht sowohl auf die directe Beeinflussung des Athemcentrums durch Blut von hocharterieller Beschaffenheit, als vielmehr auf veränderte reflectorische Einwirkungen auf dieses Centrum durch von der Peripherie hergeleitete Erregungen zu schieben. Insbesondere können hier die Erregungen ins Spiel kommen, welche nach Hering's und Breuer's Ermittelungen durch den wechselnden Ausdehnungsgrad der Lungen gesetzt und in der

Bahn der Nervi vagi fortgeleitet werden.[1] Es wäre daran zu denken, dass der von uns beobachtete Athemstillstand in einem durch die bedeutenden Störungen in der normalen Circulation hervorgerufenen veränderten Spiele des erwähnten Mechanismus begründet sein möge. Bezüglich dieses Punktes verweise ich einfach auf das oben erwähnte Versuchsresultat, dem zufolge der Ablauf der Erscheinungen durch die Durchschneidung auch des zweiten Nervus vagus nicht geändert wird. Ausserdem ist zu bemerken, dass aus dem durch starkes Aufblasen der Lungen reflectorisch erzeugten Athemstillstande das Thier mit einer Exspirationsbewegung heraustritt, während, wie oben bemerkt, die in Rede stehende Athempause ihr Ende mit einer Inspiration nimmt.

Nach alledem dürfte wohl kein Zweifel mehr darüber obwalten, dass es gelingt, durch den veränderten Gasgehalt einer Blutmenge, welche während eines durch Vagusreizung hervorgerufenen Herzstillstandes in den Lungen stagnirt und dort durch die gleichzeitig erfolgenden dyspnoischen Athembewegungen einen energischen Gaswechsel erfährt, den Zustand der Apnoe herbeizuführen.

Aus den Resultaten der mitgetheilten Versuche ergibt sich eine weitere Bestätigung der besonders von Rosenthal aufgestellten und begründeten Theorie, der zufolge der primäre Anstoss für die Athembewegungen hauptsächlich gegeben ist in dem Gasgehalte des Blutes, welches das cerebrale Centrum für die Athembewegungen durchfliesst. Im Widerspruche mit diesen von Rosenthal besonders scharf formulirten Anschauungen über die Ursachen der Athembewegungen und insbesondere über das Wesen der Apnoe haben Sanders-Ezn[2] und Brown-Séquard[3] die Ansicht neuerdings vertreten, dass die

[1] Diese Sitzungsberichte: Hering, Selbststeuerung der Athmung durch den Nerv. vagus, Bd. 57, u. Breuer, über denselben Gegenstand, Bd. 58, 1868

[2] Centralblatt für die medic. Wissenschaften 1871, pag. 511. Jets over apnoe en dyspnoe. Maandblaad voor naturwetenschappen 1870/71. Das Original war mir nicht zugänglich.

[3] Archives de physiologie norm. et pathol. 1872, pag. 204. Note sur un moyen de produire l'arrêt d'attaques épileptiques etc. etc.

Integrität der Nervi vagi eine unerlässliche Bedingung für das Zustandekommen der Apnoe bilde. Die Unhaltbarkeit einer solchen Auffassung haben nun meine Versuche, in denen Apnoe, auch bei durchschnittenen Nervis vagis, beim Hunde wenigstens, mit Leichtigkeit erzielt werden konnte, zweifellos dargethan.

Dass aber auch beim Kaninchen Apnoe hervorgerufen werden kann, wenn beiderseits der in der Bahn der Nervi vagi gegebene Zusammenhang zwischen den Lungen und dem Athemcentrum vollständig aufgehoben worden ist, hat Filehne[1] in besonders auf diesen Punkt gerichteten Versuchen nachgewiesen. Doch verhehlt dieser Autor nicht, dass es bei durchschnittenen Nervis vagis viel schwieriger als bei unversehrten Nerven gelingt, durch künstliche Lufteinblasungen den Zustand der Apnoe hervorzurufen; ähnliche Erfahrungen sind in unserem Laboratorium gelegentlich anderer Untersuchungen mehrfach gemacht worden.

Filehne hat über die Ursachen dieser Erscheinung keine weiteren Versuche angestellt, sondern nur einige Vermuthungen über die allenfalls hier in Betracht kommenden Verhältnisse mitgetheilt. So hat er u. a. darauf hingewiesen, dass in dem Umstande der veränderten Circulation des Blutes durch die Lungen, welche nach beiderseitiger Vagusdurchschneidung auftritt, eine Bedingung gegeben sein dürfte, welche der zur Production einer Apnoe nothwendigen sehr vollständigen Arterialisation des Blutes nicht eben günstig sei.

Die von mir mitgetheilten Versuchsergebnisse haben nun directe Anhaltspunkte für die allenfalsige Zulässigkeit einer solchen Annahme geliefert, insofern sie unzweideutig lehren, dass, bei ausgiebigen Athembewegungen, das in den Lungen stagnirende oder mit geringer Stromgeschwindigkeit in derselben kreisende Blut eine für die Herbeiführung einer Apnoe hinreichende Ventilation, d. h. Aufnahme von Sauerstoff und Abgabe von Kohlensäure erfährt. Es müsste also möglich

---

[1] Du Bois-Reymond's und Reichert's Archiv für Anatomie und Physiologie 1873, pag. 361: Über Apnoe und die Wirkung eines energischen Kohlensäurestromes auf die Schleimhäute des Respirationsapparates etc. etc.

sein, bei künstlicher Verlangsamung des Lungenkreislaufes, hergestellt durch künstliche Erregung der Herzhemmungsfasern der Nervi vagi, auch bei Durchschneidung dieser Nerven durch Lufteinblasungen vermittelst des Blasbalges Apnoe mit Leichtigkeit hervorzurufen.

Die experimentelle Prüfung dieses Schlusses muss ich verschieben, bis mir eine hinreichende Anzahl der zu dieser Versuchsreihe nothwendigen grossen Kaninchen zu Gebote stehen wird.

Wenn auch in der vorstehenden Mittheilung keine absolut neuen Facta und Ansichten producirt worden sind, so hielt ich dieselbe doch aus mehrfachen Gründen der Veröffentlichung werth. Erstlich wird aus derselben ersichtlich, dass die experimentell herbeigeführte Veränderung in der Stromgeschwindigkeit des durch die Lungen circulirenden Blutes mannigfach in Anwendung gezogen werden kann, um den Gasgehalt des Blutes in gewissen Grenzen nach Willkür zu reguliren. Zweitens folgt hieraus, dass bei allen Versuchen über Athembewegungen es unumgänglich nothwendig erscheint, über die Thätigkeit des Herzens eine genaue Controle zu besitzen, um im Stande zu sein, die durch Veränderungen in der Blutcirculation gesetzten Alterationen der Athembewegungen von den durch anderweitige Eingriffe (Nervenreizungen etc.) herbeigeführten zu unterscheiden.

Endlich glaube ich, dass die oben auseinandergesetzten Vorzüge, welche die erörterte Methode, ein Thier apnoisch zu machen, vor der allgemein gebräuchlichen besitzt, unsere Versuche in hohem Grade zu sehr instructiven Vorlesungsversuchen geeignet machen. Wenn auch für diesen Zweck die Anwendung der graphischen Methoden, in der Art, dass Herzschlag und Blutdruck einerseits und die Athembewegungen andererseits zu gleicher Zeit aufgezeichnet werden, die schlagendsten Resultate ergibt, so lässt sich doch auch mit einfacheren Hilfsmitteln ausreichen. So genügt es z. B., nur den Blutdruck und Herzschlag kymographisch zu registriren, um in den Fällen, in denen die normalen Respirationsschwankungen des Blutdruckes gut ausgeprägt sind, die Veränderungen in den Athembewegungen resp. die Athempause ganz deutlich zu übersehen.

Die einschlägigen Erscheinungen kann man auch einer grösseren Anzahl von Zuhörern durch Einsenken einer Jung'-

schen Nadel in das Herz zeigen. Hiebei sieht man sehr deutlich, wie mit dem Einbrechen der starken Reizung der Herzhemmungsfasern die kleinen den Herzcontractionen entsprechenden Excursionen der Nadel verschwinden, wie alsdann, mit zunehmender Verarmung des Hirnblutes an Sauerstoff, die grossen Athemexcursionen der Nadel rascher und ausgiebiger werden (Dyspnoe), um endlich, mit dem Wiederbeginn der Herzpulsationen, das gerade entgegengesetzte Verhalten zu bieten — Verschwinden der grossen Athemexcursionen und alleiniges Auftreten der kleinen, den Herzbewegungen entsprechenden Schwingungen (Apnoe).

Was die Literatur des in diesen Zeilen besprochenen Gegenstandes betrifft, so ist die während des Herzstillstandes in Folge der Vagusreizung auftretende Dyspnoe früheren Forschern nicht entgangen. Dagegen ist die der Dyspnoe sich anschliessende Apnoe, so weit ich finde, bis jetzt noch von keinem Beobachter beschrieben worden.

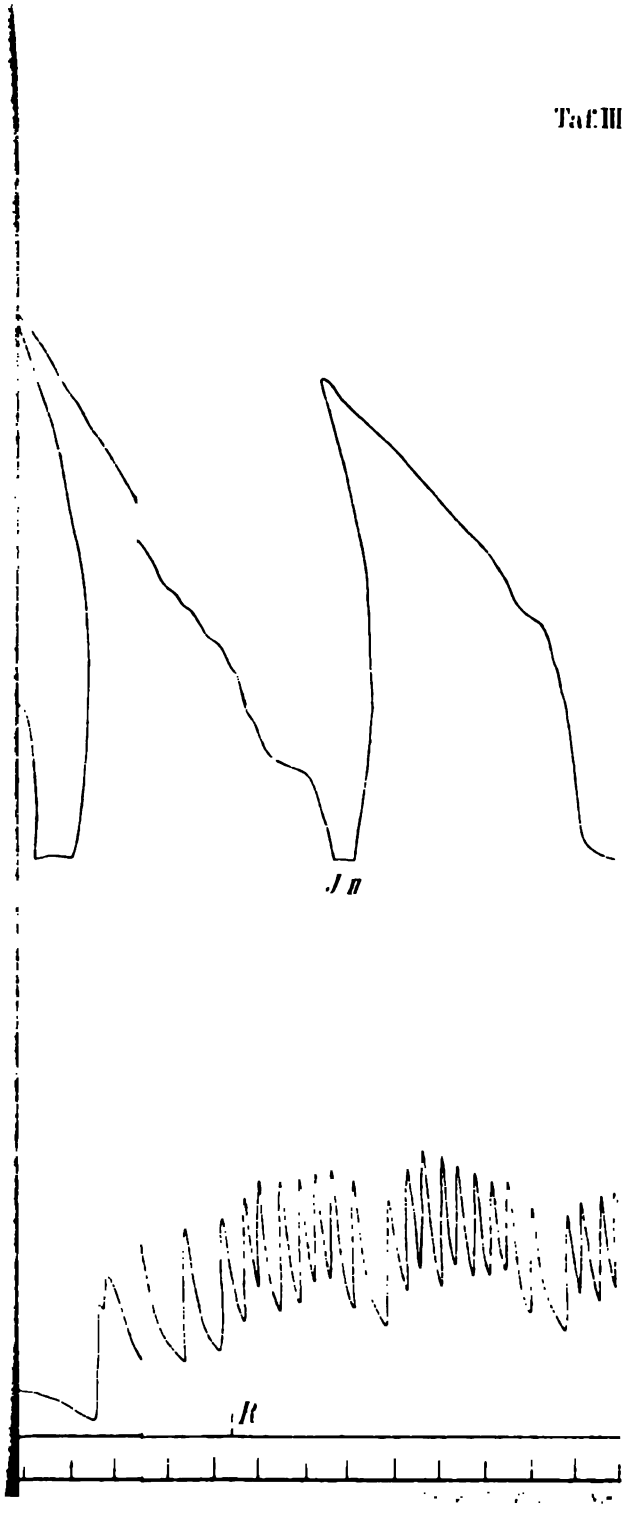
Die von Brunner[1] angeführte Beobachtung: „Die Beruhigung des Brustkastens erfolgte durch die Durchschneidung des Vagus. Dadurch wurden die Athemzüge sehr verlangsamt, und noch mehr — was ich mir nicht erklären kann — durch Reizung des unteren Stückes; während derselben war gewöhnlich keine Athembewegung bemerkbar, das Thier machte zu Anfang der Reizung eine heftige Inspiration, in welcher es während der ganzen Reizung verharrte“ — sowie die Angaben von Arloing und Tripier[2] über Veränderungen in den Athembewegungen auf Reizung des peripherischen Stückes des durchschnittenen Vagus haben mit den von mir beschriebenen Erscheinungen nichts zu thun. Es bleibt abzuwarten, ob Arloing und Tripier[3] gerade letztere im Auge gehabt haben, wenn sie schreiben: „D'un autre côté, nous espérons prouver plus loin que le bout périphérique des vagues peut réagir, par une autre voie, sur les muscles de la respiration.“

---

[1] l. c. pag. 10.
[2] l. c. pag. 738.
[3] l. c.

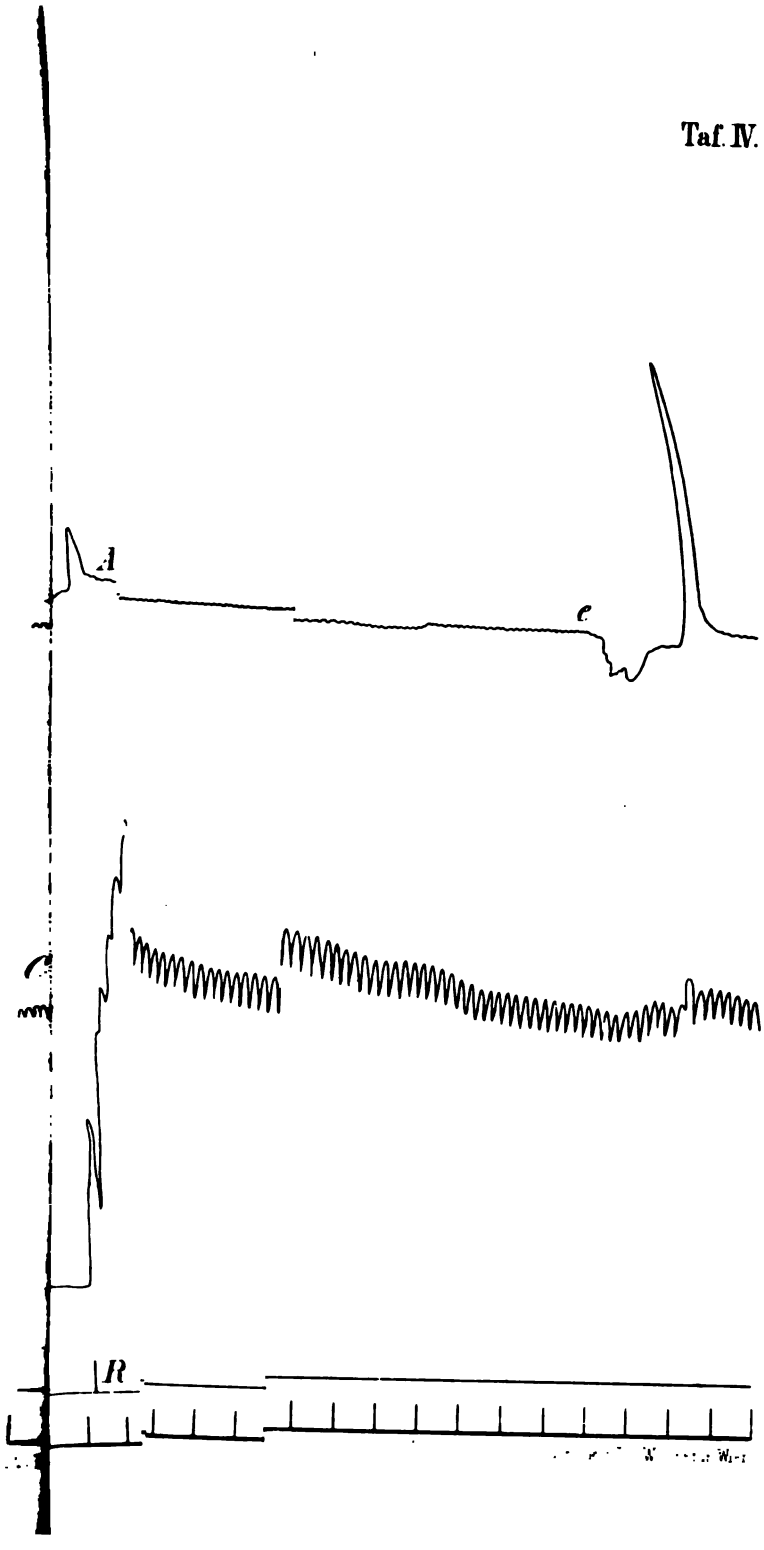
XIX B

Taf. III.



der kurv Ak

Digitized by Google


A
e
R

Erklärung der Abbildungen.

Sämmtliche Curven stammen von Hunden, welche durch Injection von Opium in die Vena cruralis narcotisirt worden waren. Die Manometer zur Registrirung des Herzschlages und Blutdruckes waren durch eine endständige Canüle mit der Arteria cruralis in Verbindung.

Die Nulllinien des Blutdruckes sind, da der absolute Druck im vorliegenden Falle nicht in Betracht kommt, weggelassen.

Die Vagusreizungen sind alle am Nerven der rechten Seite vorgenommen. Wo die Respirationscurven auf der Höhe der Inspiration ein Aussehen zeigen, wie an den auf Curve I mit * bezeichneten Stellen, da ist dies darauf zu beziehen, dass der Schreibhebel des Kardiographen, welcher auf so grosse hier zur Beobachtung kommende Druckschwankungen nicht berechnet ist, auf den Messingrand der Trommel desselben aufzuliegen kam.

Der Nerv. vagus der linken Seite war ebenfalls durchschnitten.

Die Zeitmarken auf der unteren Horizontallinie sind Doppeltsecunden.

Auf allen Curventafeln zeigt die mit *R* bezeichnete Curve die Athembewegungen, die mit *C* bezeichnete Herzschlag und Blutdruck.

Curve I. Das Thier athmet aus einem geschlossenen Luftraume, welcher mit dem Marey'schen Kardiographen in Communication steht. Herzschlag und Blutdruck sind mit dem Federmanometer aufgezeichnet, *VR* die starke Vagusreizung; auf der Blutdruckcurve prägen sich auch bei I, II, III die Athembewegungen aus. Man erkennt an der Curve der Athembewegungen den dyspnoischen Charakter derselben während der Herzpause. *Ae* die mit dem Wiederbeginne der Herzthätigkeit auftretende Apnoe. In der Nähe von *A*, im Beginne der Apnoe, prägen sich auch die Herzschläge aus. An der Curve des Blutdruckes vermisst man von *R* bis *J* die respiratorischen Schwankungen des arteriellen Druckes, bis dieselben mit dem Wiederbeginne der Athmungen bei J_I und J_{II} wieder zum Vorscheine kommen.

Curve II. Die Bezeichnungen wie in Curve I. Die Herzschläge sind während der Apnoe (*Ae*) sehr deutlich ausgeprägt.

Curve III. Die Bezeichnungen wie in Curve I und II. Die Apnoe tritt auf, während, bei fortgesetzter Reizung des Nerv. vagus, das Herz wieder begonnen hat, seltene Pulsationen auszuführen.

Curve IV. Die Athembewegungen sind mit dem Marey'schen Kardiographen, auf welchen, da der eine Schenkel der Trachealcanüle offen war, nur ein Theil des Athemdruckes wirkte, verzeichnet. Der Herzschlag und Blutdruck sind mit dem Quecksilber-Manometer registrirt. Die Bezeichnungen *Ae* und *VR* wie in Curve I, II, III. Es sind in Intervallen fünf Vagusreizungen vorgenommen.

Untersuchungen über das Wachsthum der Nieren des Menschen und der Säugethiere.

Von Dr. C. Toldt.

(Mit 1 Tafel.)

Unsere Kenntnisse über die erste Anlage der bleibenden Nieren scheinen insoweit gesichert, als alle neueren Forscher darin übereinstimmen, dass dieselben in Form einer Ausstülpung des untersten Endes des Wolff'schen Ganges entstehen. Nachdem Kupffer dies zuerst für Schafs-Embryonen, dann für das Hühnchen festgestellt hatte, folgten bald Bestätigungen dieser Thatsache von Seite Bornhaupt's, Rosenberg's und in besonders schlagender Weise durch Waldeyer. Auch darüber findet sich kein Widerspruch, dass diese Ausstülpungen an der Basis der Plica urogenitalis (Waldeyer) nach vornehin als „Nierencanal" (Kupffer) fortwachsen und mit ihren blinden Enden zu beiden Seiten der Aorta, zwischen Wolff'schem Körper und hinterer Rumpfwand die eigentliche Nierenanlage bilden. Alle stimmen ferner darin überein, dass das blinde Ende des Nierencanals sich hier verdickt und Hohlsprossen treibt, dass so die Bildung des Nierenbeckens zu Stande kommt.

Von hier an jedoch divergiren die Ansichten insoferne nicht unbedeutend, als man einerseits durch einfache Verlängerung der bestehenden Hohlsprossen die weitere Entwicklung der Harnkanälchen vor sich gehen lässt (Waldeyer und Dursy für Säugethiere, Wittich für die Batrachier), während Kupffer (für Schafe), Bornhaupt (Hühnchen), Rosenberg (Knochenfische), Götte (Bombinator igneus) und Thayssen eine isolirte Entstehung der Harncanälchen in der Niere beobachtet haben, wobei sich erst später in allerdings noch unermittelter Weise die Verbindung derselben mit dem Nierenbecken herstellen würde.

Dieser Streitpunkt scheint mir zunächst ins Auge gefasst werden zu sollen, wenn man das Wachsthum der Niere verfolgen will. Denn wäre schon in der ersten Anlage ein isolirtes Entstehen von Harncanälchen entweder in ihrer Totalität oder in einzelnen ihrer Abschnitte nachgewiesen, so würden wir auch mit Wahrscheinlichkeit darauf rechnen können, ähnliches Vorkommen unter den späteren Wachsthums-Erscheinungen ebenfalls noch zu finden. Prüfen wir daher zunächst, was von den genannten Autoren an Beobachtungen und an Beweismateriale für beide Anschauungen beigebracht wird.

Kupffer[1] beschreibt an einem Schaf-Embryo von 15 Mm. Länge, wie der Hohlraum des Nierenbeckens in vier abgeschlossene Arme getheilt ist, während im Innern der Nierensubstanz solide Zellenbalken sichtbar werden, welche scharf von den ersteren abgesetzt erscheinen. Kupffer sagt, kein Umstand deute darauf hin, dass letztere Gestaltung von der Wandschichte des Hohlraumes, etwa als solide Zellenzapfen, herstamme, im Gegentheil sei durchgehends scharfe Abgrenzung wahrnehmbar. Jedoch müsse man Embryonen von dem oben bezeichneten Alter zur Untersuchung benützen, denn schon sehr bald werde das Bild durch die vielfachen Windungen der Canälchen getrübt. Endlich sagt Kupffer: „So bestimmt ich mich auch für eine isolirte Entstehung der zuerst auftretenden Harncanälchen erklären muss, darf ich andererseits die Möglichkeit nicht ausschliessen, dass ein etwa vorhandenes zweites System von Canälchen einen Ursprung nehme, der von der für das erstere geltenden Weise abweiche.“ Für das Hühnchen[2] spricht sich Kupffer nicht bestimmt aus.

Bornhaupt[3] beschreibt an Hühnchen die ersten Sprossenbildungen in derselben Weise wie Remak (siehe unten), fügt aber hinzu, dass in der unmittelbaren Umgebung dieser ersten Sprossen sich rundliche Zellengruppen bilden, innerhalb deren

---

[1] Untersuchungen über die Entwicklung des Harn- und Geschlechtssystems. M. Schultze's Arch. f. m. Anat. Bd. I, pag. 244.

[2] M. Schultze's Arch. Bd. II, pag. 473.

[3] Untersuchungen über die Entwicklung des Urogenitalsystems beim Hühnchen. Riga 1867. (Dorpater Inaug. Diss.) pag. 42.

sich alsbald eine Höhlung entwickelt, welche mit der Lichtung einer primären Sprosse zusammenfliesst und so zu einem secundären Aste des Nierenkanals wird. Er betont die Übereinstimmung seiner Beobachtung mit der Kupffer's und bezeichnet die auch schon von Remak gesehene Sprossenbildung nur als Anlage des Nierenbeckens.

Rosenberg[1] schliesst sich für die Niere der Teleostier vermuthungsweise der Kupffer'schen Ausführung an.

Götte[2] beschreibt in ganz analoger Weise den Vorgang bei Bombinator igneus, indem er Harncanälchen und Gefässknäuel aus einer gemeinsamen, vom Urnierengange (welcher bei den Batrachiern zum bleibenden Harnleiter wird) durchaus gesonderten Anlage hervorgehen lässt, wobei erst später die Verbindung beider (wie?) zu Stande kommt.

Thayssen[3] theilt als Resultat seiner Untersuchungen an Säugethier- und Hühner-Embryonen mit, dass die Sammelröhren und Schaltstücke durch hohlsprossenartige Ausstülpungen vom Nierencanalsystem entstehen, die Malpighi'schen Körperchen jedoch mit den gewundenen Canälchen und den Henle'schen Schleifen sich selbstständig aus soliden Zellenballen entwickeln. Die Begründung dieser Angaben, als einer vorläufigen Mittheilung, ist noch ausständig.

Dieser Gruppe von Forschern stehen gegenüber alle älteren Autoren, an der Spitze derselben J. Müller,[4] welcher die eine Linie lange Niere eines Schaffötus zeichnet, und im Texte die Herkunft aller Harncanälchen aus dem Hilus beschreibt.

Remak[5] betont die Ähnlichkeit der Bildung der Nieren mit der der Lunge und bezieht die Entwicklung der Harncanälchen einzig und allein auf Verästigung und Verlängerung der

---

[1] Untersuchungen über die Entwickelung der Teleostierniere. Dorpat 1867. Diss. pag. 74.

[2] Untersuchungen über die Entwicklung des Bombinator igneus. Archiv f. mikr. Anat. V. Bd. pag. 108.

[3] Die Entwicklung der Nieren. Vorl. Mitth. Centralbl. 1873. Nr. 38.

[4] *De glandularum secernentium structura.* Lipsiae 1830. pag. 94.

[5] Untersuchungen über die Entwicklung der Wirbelthiere. Berlin 1855. pag. 121.

hohlen Sprossen aus der ersten röhrenförmigen Anlage der Niere (Hühnchen).

Rathke[1] und Kölliker[2] beschreiben die Anlage der Harncanälchen fast übereinstimmend so, dass aus den Anlagen der Nierenkelche (hohle Ausbuchtungen des Harnleiters) solide Zellensprossen in rascher Folge entstehen, fortwuchern und sich verästigen und dann erst von dem Nierenkelche aus hohl werden. Indem aus den soliden Enden dieser Canälchen die Malpighi'schen Körperchen hervorgehen, ist das Harncanälchen in seiner ganzen Continuität aus dem Epithel des Nierenbeckens hervorgegangen. Dasselbe hatte v. Wittich[3] für die nackten Amphibien berichtet.

Hieran reiht sich die von Dursy[4] mitgetheilte Untersuchung eines einzölligen Rindsfötus, welcher ich Folgendes entnehme. Durch Isolation mit Salzsäure zeigt es sich, dass die von dem Harnleiter abgehenden Stämmchen der Harncanälchen kurze, gerade, oder bei grösserer Länge gewundene Seiten- und Endäste abgeben, welche mit kugeligen oder birnförmigen Anschwellungen enden. Die letzteren, solide, aus Zellen bestehende Gebilde, aus welchen die Malpighi'schen Körperchen hervorgehen, zeigen schon stellenweise die Blutgefässe des Glomerulus differenzirt.

Neuerdings schliesst sich Waldeyer[5] dieser Reihe von Forschern an, indem er die continuirliche Fortentwicklung der Harncanälchen aus dem „Nierencanal" durch Hohlsprossenbildung gegenüber Kupffer's Erfahrungen festhält.

Aus dieser kurzen Zusammenstellung ergibt sich, dass die bisherigen Untersuchungen über die fragliche Angelegenheit zu ziemlich differenten Ergebnissen geführt haben. Was meine

---

[1] Entwicklungsgeschichte der Wirbelthiere. Leipzig 1861. pag. 170.

[2] Entwicklungsgeschichte des Menschen und der höheren Wirbelthiere. Leipzig 1861. pag. 433.

[3] Beiträge zur morph und histol. Entwicklung der Harn- und Geschlechtswerkzeuge der nackten Amphibien. Zeitschrift f. wissensch. Zoologie. IV. Band. pag. 131.

[4] Über den Bau der Urnieren des Menschen und der Säugethiere. Vorl. Mitthlg. in der Zeitschrift f. rat. Med. 3. R. 23. Band. pag. 257.

[5] Eierstock und Ei. Leipzig 1870. pag. 132.

eigene Anschauung betrifft, so muss ich mich entschieden den letztgenannten Forschern an die Seite stellen, da ich mir die volle Überzeugung verschafft habe, dass an keinem Punkte der Harncanälchen eine Discontinuität in der Entwicklung besteht. Wenn ich mir erlauben darf, meine Vermuthung über den Grund der gegentheiligen Ansicht Kupffer's auszusprechen, so geht dieselbe dahin, dass das einseitige Studium von (horizontalen) Querschnitten der Nierenanlage, wie es der zunächstliegende Vorwurf seiner Untersuchung mit sich brachte, zu dieser Täuschung den Anlass geboten haben mag, umsomehr, als aus den Mittheilungen keines der ihm zustimmenden Forscher hervorgeht, dass andere Methoden in Verwendung gekommen wären.

Solche Querschnitte sind allerdings nicht geeignet, für sich allein eine erschöpfende Anschauung über die Art der ersten Bildung der Harncanälchen zu verschaffen. Ganz klar liegen hingegen die Verhältnisse sofort, wenn man die möglichst junge Nierenanlage eines Säugethierfötus als Ganzes auf das Objectglas bringt. Ich benützte zu dem Ende Katzen-Embryonen von 13 Mm. Länge (von der Nackenkrümmung bis zum Schwanzansatze gemessen), welche in Weingeist mässig erhärtet waren. Mit Hilfe der Lupe wurde die etwa 0·5 Mm. grosse Nierenanlage, welche als bohnenförmiges, grauweisses, hinter dem Wolff'schen Körper, knapp an der Aorta gelegenes Knötchen erkennbar war, aufgesucht. Nach der Herausnahme wurde dieselbe mit Hämatoxylin oder Carmin gefärbt, mit Terpentinöl durchsichtig gemacht und als Ganzes auf den Objectträger gebracht.

Es zeigte sich nun bei geeigneter Lage des Objectes auf das klarste, wie der Nierencanal unter scharfer Biegung in das Innere des Knötchens eindringt, wie dort seine Epithellage sich zur Wandung einer nach der Längsrichtung des Knötchens gestellten länglichen Höhlung gestaltet, und wie von letzterer in directer Fortsetzung Epithelsprossen unter ein- bis zweimaliger Theilung bis an die Peripherie der Organanlage auslaufen. An letzterer Stelle sind sie meist kolbig angeschwollen, zum Theil aber in scharfer Krümmung umgebogen. Dieses Bild, mit Hartnak IV/$_2$ gesehen, lässt meine[illegible]s kaum eine irrige Deutung zu. Die ununterbroc[illegible]t der Zellstränge ist auf da[illegible] Ver-

grösserungen zu erweisen. Nicht minder ist es zweifellos, dass nur die erwähnte, fast im Centrum des Knötchens gelegene längliche Höhlung auf das Nierenbecken bezogen werden kann, keinesfalls aber die von ihr abgehenden Zellsprossen; diese stellen schon wirkliche Harncanälchen dar, nicht nur weil sie bis an die äusserste Peripherie der ganzen Nierenanlage reichen, sondern auch, weil man an ihnen schon sehr bald das Verhalten erkennen kann, durch welches, wie wir später sehen werden, die wachsenden Harncanälchen an der Nierenperipherie ausgezeichnet sind. Ich betone gegen Kupffer ausdrücklich, dass man diese Verhältnisse constatiren kann, lange bevor noch durch die Windungen der Canälchen die Beobachtung erschwert wird. — Eine weitere Untersuchung dieser Zellsprossen mit stärkeren Vergrösserungen zeigt, dass dieselben zunächst allerdings in Form solider Zapfen vorwachsen, jedoch alsbald, und zwar Schritt für Schritt während ihrer Verlängerung eine Lichtung erhalten; es lässt sich dies aus den nebeneinander gelagerten, ungleich in der Entwicklung vorgeschrittenen Endstücken der Harncanälchen an etwas grösseren Embryonen unschwer feststellen. Da die Nieren solcher Embryonen als Ganzes nicht mehr wohl genauer Untersuchung zugänglich sind, so empfehlen sich in frontaler Richtung mitten durch die Niere geführte Schnitte am besten.

Diese Beobachtungen stimmen mit den von Dursy an Isolationspräparaten gewonnenen Erfahrungen überein; ich selbst konnte diese zweckmässigste aller Methoden leider nicht benützen, weil mir geeignetes frisches Materiale nicht zu Gebote stand. Ich glaube jedoch, in den vorstehenden Thatsachen hinreichende Berechtigung zu finden, mich für die ununterbrochene Continuität in der Anlage und der Ausbildung der Harncanälchen auszusprechen. Die Entwicklung derselben gestaltet sich so, dass die hohlen Sprossen des Epithels des Nierenbeckens unter gabeliger Theilung in gestrecktem Laufe gegen die Peripherie der Nierenanlage vordringen, indem sie ihre vordersten Enden mit soliden Zellenzapfen vorwärts schieben.

Die beigegebenen Abbildungen, Fig. 1—3, stellen drei verschiedene Abschnitte aus der ersten Entwicklung der Säugethier-

Niere dar. Alle drei sind 30mal vergrössert, genau nach Präparaten gezeichnet und geben die Ansicht von frontalen, mitten durch die Niere gelegten Durchschnitten. In Fig. 4 ist ein Theil eines verästigten Harncanälchens bei starker Vergrösserung dargestellt, um das Verhalten desselben an der Peripherie der Niere zu zeigen. *a a* sind die Anlagen der gewundenen Canälchen und Malpighi'schen Körperchen.

Eine zweite, höchst wichtige Frage betrifft die Art und Weise, wie die Malpighi'schen Körperchen zur Entwicklung gelangen. Auch in dieser Beziehung bestehen nicht unerhebliche Differenzen in den Anschauungen der wenigen Autoren, welche sich mit diesem Gegenstande befasst haben.

Die ersten Angaben stammen von Remak, welcher sich an dem oben citirten Orte folgendermassen ausspricht: „Es scheint, dass die Gefässknäuel ganz unabhängig von den Epithelialröhrchen zur Ausbildung kommen. Soviel ist mindestens sicher, dass die letzteren die Gefässknäuel umwachsen. In der Regel wird diese Umwachsung durch das blinde Ende des Röhrchens bewerkstelliget. Indem das letztere auf einen Gefässknäuel trifft, bildet es eine napfförmige eingestülpte Erweiterung, durch welche der Knäuel bis zur Eintrittsstelle seiner Blutgefässstämmchen allmälig umfasst wird."

Kölliker[1] sowie Rathke[2] schliessen sich der Ansicht Remak's vollständig an.

Ebenso hat Waldeyer[3] für die Glomeruli des Wolff'schen Körpers die Entstehung derselben aus isolirt auftretenden Zellengruppen angenommen.

A. Rosenberg[4] beschreibt für den Wolff'schen Körper der Teleostier eine ähnliche Bildungsweise der Malpighi'schen Körper wie Remak, indem er eine Einstülpung des blinden Canalendes durch den Glomerulus annimmt.

---

[1] l. c. pag. 112.
[2] l. c. pag. 172.
[3] l. c. pag. 119.
[4] l. c. pag. 48.

Nach v. Wittich[1] beobachtet man an den bleibenden Nieren der nackten Amphibien die Gefässknäuel innerhalb der blinden sackförmig angeschwollenen Enden der Harncanälchen anfangs als einfache Schlingen, die sich dann mehr und mehr zu einem vollständigen Knäuel ausbuchten.

Bornhaupt[2] lässt die Malpighi'schen Körperchen des Wolff'schen Organes aus gesondert auftretenden rundlichen Zellenhäufchen hervorgehen, welche zunächst sich zu Bläschen umwandeln, deren Wand sich an einer Seite beträchtlich verdickt, an der anderen jedoch verdünnt. Die Verdickung des einen Theiles der Wand erreicht einen so hohen Grad, dass bald der Umfang der Höhle dermassen eingeengt wird, dass sich die gegenüberliegenden Wände fast berühren. Aus dieser Verdickung geht nun der Glomerulus hervor, was sich Bornhaupt so denkt, dass die peripheren Zellen sich zu einem zarten Häutchen umwandeln, während die centralen theils aufgelöst, theils in Blutkörperchen umgewandelt werden; aus diesem zarten Häutchen entstünden durch Bildung von Scheidewänden Capillargefässe. Während dieser Vorgänge erfolge einerseits die Verbindung des Glomerulus mit dem Aortensystem, andererseits die der obengenannten Höhle mit dem Wolff'schen Gange. Denselben Bildungsmodus der Malpighi'schen Körperchen nimmt Bornhaupt auch für die bleibenden Nieren an.

Thayssen (l. c.) gibt, wie schon oben bemerkt, an, dass je ein Malpighi'sches Körperchen zugleich mit dem zugehörigen gewundenen Canälchen und der Henle'schen Schleife sich aus einem soliden Zellenballen entwickelt.

Ich habe mich lange und eingehend mit dem Studium dieser schwierigen Frage beschäftiget und bin dabei in folgender Weise vorgegangen. Es kamen Nieren von Säugethier- und Menschen-Embryonen aller Altersstufen, sowie Neugeborener aus den ersten Lebenstagen zur Untersuchung, an denen grösstentheils vorher die Blutgefässe von der Arterie, oder die Harncanälchen von dem Urether aus, oder beide gleichzeitig injicirt worden

---

[1] l. c. pag. 132.

[2] l. c. pag. 25 u. f.

waren. Theilweise wurden dieselben in Alkohol oder Chromsäure erhärtet und zu Schnittpräparaten verwendet, theilweise aber dem Isolationsverfahren mittelst verdünnter Salzsäure unterzogen. Es gelingt unschwer, mit Hilfe des Hering'schen Injections-Apparates die Harncanälchen (besonders an Hunde-Embryonen) bis in die Bowman'schen Kapseln auf weite Strecken und ohne Extravasat zu erfüllen, gleichgültig ob man kaltflüssiges Berlinerblau oder gefärbte Leimmassen zur Injection verwendet. Gerade solche Objecte waren es, welche, mit Salzsäure behandelt, die klarsten Aufschlüsse gaben. Durchschnittspräparate nach verschiedenen Richtungen, mit Carmin oder Hämatoxylin gefärbt, dienten zur erwünschten Controle. Bezüglich der Salzsäure als Isolationsmittel werden von verschiedenen Autoren mannigfache Anwendungsweisen als die besten empfohlen. Ich kann es nicht für zweckmässig erachten, sich stets an eine derselben zu halten, da die Beschaffenheit des Objectes von wesentlichem Einfluss auf den gewünschten Erfolg ist. Man kann mit den verschiedensten Concentrationen der Säure bald zum Ziele gelangen, wenn man die Einwirkung derselben durch vorsichtiges, und wenn nöthig, wiederholtes Erwärmen unterstützt. Ich konnte so selbst von Nieren, welche in Chromsäure vollständig erhärtet waren, ganz zufriedenstellende Isolationspräparate gewinnen. Auch eine allzu starke Aufhellung dieser Präparate lässt sich leicht beseitigen, wenn man als Zusatzflüssigkeit stark verdünntes Glycerin benützt, welchem eine geringe Menge von essigsaurem Kalium beigemengt ist.

Was nun die Örtlichkeit anbelangt, an welcher in den bleibenden Nieren der Säugethiere die Entwicklungsphasen der Malpighi'schen Körperchen zur Beobachtung kommen, so ist es ausschliesslich jene Zone der Rindensubstanz, welche die äusserste Peripherie des Organes bildet. Es finden sich hier bei Säugethier-Embryonen jeden Alters, von der Zeit an, in welcher sich die ersten Verästlungen der Harncanälchen gebildet haben, bis zum Ende des Intrauterinallebens, ja selbst 8—10 Tage nach der Geburt auffallende, scharf umgrenzte, ovale Körper, welche um so dichter gestellt sind, je älter der Embryo ist, so dass sie in der zweiten Hälfte des Fötallebens fast allein die periphere Rindenzone der Niere einnehmen.

Bei Thieren, deren Niere in mehrere Renculi abgetheilt ist, sowie beim Menschen, beschränken sich diese Gebilde nicht allein auf die periphere Rindenzone des Organes, sondern finden sich in derselben Anordnung an der ganzen Oberfläche der dem Reneulus zugehörigen Rinde, also auch in den sogenannten Columnae Bertini. Sie sind schon seit längerer Zeit bekannt und zuerst von Colberg[1] unter dem Namen „Pseudoglomeruli" näher beschrieben worden. Es heisst an dieser Stelle: „Ein Ast eines, bereits in der Pyramide mehrfache Äste abgebenden offenen Canälchens theilt sich in der Rinde oft in 4—6 Seitenäste, die an ihren Enden, dicht an der Peripherie der Niere, entweder kolbig sich erweitern oder 2—3mal aufgerollt erscheinen. Diese aufgerollten Enden haben dieselbe Grösse, wie die bereits überall fertigen Bowman'schen Kapseln (und Glomeruli) der schleifenförmigen Harnkanälchen. Gefässknäuel konnte ich anfangs in ihnen nicht wahrnehmen." Später jedoch hat sich Colberg durch Injection überzeugt, dass auch diese Aufknäuelungen echte Glomeruli enthalten. Später beschreibt S. Th. Stein[2] die Lage und Anordnung dieser Gebilde und schliesst, da er sie an ausgewachsenen Thieren nicht gefunden hatte, dass aus ihnen sich die Anastomosennetze der Rinde entwickeln dürften, „weil auch diese die ganze Peripherie mit grosser Regelmässigkeit einnehmen".

Endlich hat Schweigger-Seidel[3] diesen Gebilden seine Aufmerksamkeit geschenkt und sie mit der Bildung der Malpighi'schen Kapseln in Zusammenhang gebracht, jedoch nicht so, als ob aus ihnen direct ein Glomerulus hervorginge, sondern er fasst sie auf als ein mit dem verzweigten Sammelcanalsystem in Verbindung stehendes gewundenes Canalstück, dessen Ende der Anlage des Glomerulus, welche als gesonderter rundlicher Zellhaufen etwas tiefer liegt, zustrebt. Jedoch ist weder von Schweigger-Seidel noch von Colberg näher auf die

---

[1] Zur Anatomie der Niere. Centr.-Blatt f. die med. Wissensch. 1863. Nr. 48 und 49. (Vorl. Mittheilung.)

[2] Die Harn- und Blutwege der Säugethierniere. Würzburger med. Zeitschrift. 6. Bd. pag. 57.

[3] Die Nieren des Menschen und der Säugethiere. Halle 1865. pag. 55.

Beschaffenheit dieser Pseudoglomeruli und auf die Entwicklung der Gefässknäuel eingegangen worden; nur spricht sich ersterer an einer anderen Stelle dahin aus, dass nach seiner Ansicht Gefässknäuel und Kapsel aus einer gemeinschaftlichen Anlage entstehen.

Dieses vorausgeschickt, gehe ich nun zur Beschreibung der beobachteten Thatsachen über. An Durchschnitten von Nieren, welche vom Urether aus injicirt sind, zeigt sich, dass die Verzweigungen der Sammelröhrchen allerorts bis an die Peripherie der Rinde vordringen und daselbst mit einer leichten Verbreiterung enden. Dasselbe lässt sich an Isolations-Präparaten auch nicht injicirter Nieren zweifellos beobachten. Diese Verbreiterung ist jedoch nicht, wie Schweigger-Seidel angibt, nur in einer Verdickung des inneren Zellenlagers begründet, sondern auch thatsächlich durch eine Erweiterung des Lumens. Denn, wenn man an den isolirten, nicht injicirten Canälchen häufig nur eine fein spaltförmige Lichtung entdecken kann, so findet man doch meistens im Endstücke derselben ein deutliches längsovales Lumen. Allerdings sind auch die cylindrischen Epithelzellen hier um ein Beträchtliches länger als an anderen Stellen. Dieses verbreiterte Endstück nun gibt einem kurzen Canälchen den Ursprung, welches in leichtem Bogen seitlich abgeht, und sich in einen der sogenannten Pseudoglomeruli[1] einsenkt, daher ein Zwischenstück zwischen diesem und dem Sammelröhrchen darstellt; nicht selten sieht man noch ein zweites in derselben Weise, jedoch in entgegengesetzter Richtung abzweigen.

Ich muss hier einschalten, dass, wie auch Schweigger-Seidel hervorhebt, die bindegewebige Zwischensubstanz bei embryonalen Nieren verhältnissmässig stark entwickelt ist, und dass besonders an der Peripherie derselben ein feinfaseriges, mit vielen Zellen versehenes Bindegewebe in reichlicher Menge die Drüsenelemente umschliesst. Dieses Bindegewebe ist auch der Träger eines vielverzweigten Blutgefässnetzes.

Geht man nun an Isolationspräparaten gut injicirter Nieren auf eine nähere Analyse der Pseudoglomeruli ein, so kann man

---

[1] Ich werde in der Folge diese Bezeichnung öfters gebrauchen, trotzdem sie nichts weniger als zutreffend ist.

ein verschiedenes Verhalten an denselben beobachten. Bei den kleineren von ihnen macht das erwähnte Verbindungsstück nach seinem Eintritte eine kurze, scharfe Knickung gegen das Sammelrohr, biegt dann halbmondförmig nach der entgegengesetzten Seite um und endigt, nachdem es ungefähr ein Drittel eines Kreisbogens beschrieben hat, blind zugeschärft. (Vergleiche Fig. 5.) Von dieser Knickung ab geht eine eigenthümliche Veränderung in den Epithelzellen des Canälchens vor sich. Während sie an der dem Inneren des Pseudoglomerulus zugewendeten Seite ihre Grösse und Form bewahren, verkürzen sie sich an der convexen Wand des Bogens sehr rasch und gehen in dünne, kernhaltige Plättchen über. Meist hat hier das Canälchen seine cylindrische Gestalt bereits verloren, erscheint abgeplattet, und hat die Form einer zweiblättrigen Kappe oder Kugelschale gewonnen; der von letzterer unvollständig umschlossene Raum ist mit derselben Bindesubstanz erfüllt, welche allerorts die Harnröhrchen umgibt. Ich darf jetzt schon sagen, dass das äussere Blatt dieses kappenartig ausgewachsenen blinden Canälchens, welches die platte Zellenlage trägt, sich zu der Bowman'schen Kapsel gestaltet, dass sich in dem von Bindesubstanz erfüllten Raum der Kugelschale der Glomerulus entwickelt, und dass das innere Blatt der Kappe die nächste Umkleidung des Glomerulus abgibt. Beide Blätter der Kugelschale sind an nicht injicirten Präparaten fast durchwegs in gegenseitiger Berührung; waren aber die Harnwege mit Leimmasse erfüllt worden, so ist dieselbe häufig genug zwischen beide Blätter eingedrungen.

An etwas grösseren dieser Pseudoglomeruli zeigt sich das eingetretene Canalstück, bevor es die beschriebene Umgestaltung eingeht, in eine oder mehrere Schlingen gelegt, und an noch anderen bemerkt man, dass aus der umgebenden Bindesubstanz eine Capillarschlinge in den von dem inneren Blatte der Kugelschale umschlossenen Raum hineinragt. Dies lässt sich sowohl an Präparaten mit injicirten Blutgefässen als auch sonst häufig, wenn die Gefässe mit Blutkörperchen erfüllt sind, sicherstellen. Bemerkenswerth ist ferner, dass die Windungen des Canälchens constant den der Nierenoberfläche zugewendeten, äusseren Theil des Pseudoglomerulus einnehmen, während das schalenförmige Ende des Canälchens stets in dem Abschnitte desselben gelegen

ist, welcher nach dem Inneren der Niere zu sieht. — An anderen Stellen zeigen sich die Windungen des Canälchens etwas vermehrt, die Kugelschale mehr geschlossen und im Inneren derselben mehrere Capillarschlingen entwickelt. Letztere sind in Bindegewebe eingebettet und sammt diesem von dem deutlich ausgeprägten Cylinderepithel des inneren Blattes der Kugelschale umschlossen. Auch in diesem Falle sieht man häufig die Lichtung des gewundenen Canälchens mit Injectionsmasse erfüllt, welche sich von da aus zwischen die Blätter der Kugelschale hinein erstreckt. (Man vergleiche hiezu Fig. 6—8.)

Das Auswachsen der letzteren geschieht in der Weise, dass das zugehörige Canalstück, welches ursprünglich in den Rand der Kugelschale überging, sich allmälig mehr und mehr entfernt von diesem in die convexe Fläche des äusseren Blattes einsenkt. — An noch anderen Präparaten hat sich die Kugelschale fast ganz um den bereits ansehnlichen Blutgefässknäuel geschlossen, die Windungen des Canälchens sind noch vermehrt, die bindegewebige Umgrenzung des ganzen Pseudoglomerulus ist eine undeutlichere geworden; derselbe ist von der Peripherie etwas abgerückt, wo bereits wieder ein neuer in Entwicklung begriffen ist. Endlich ist der ganze Glomerulus bis auf die Eintrittsstelle der Gefässe umschlossen und das Malpighi'sche Körperchen liegt fertig an dem dem Inneren der Niere zugewendeten Ende des gewundenen Canälchens — der Pseudoglomerulus ist als ein für sich abgeschlossenes kapselartiges Gebilde verschwunden. Die Erklärung für letzteres liegt in folgendem Umstande: Während früher die Windungen des Canälchens sammt der Anlage des Malpighi'schen Körperchens eng aneinander geschlossen dalagen, erschienen sie durch Bindegewebe von der Umgebung getrennt und wie von einer gemeinschaftlichen Hülle umgeben. Zugleich mit der Vergrösserung der Drüsenelemente dringt das Bindegewebe zwischen die einzelnen Windungen des Canälchens und hebt sie von einander ab, wodurch der Eindruck der Zusammengehörigkeit und des Abgeschlossenseins derselben mehr und mehr verloren geht.

Die im Vorstehenden beschriebenen Phasen der Entwicklung der Malpighi'schen Körperchen lassen sich am besten in folgender Weise versinnlichen. Man nehme eine Kautschuk-

röhre, deren eines Ende in eine kugelige Blase übergeht. Diese letztere drücke man von der Seite her so ein, dass die Wände der Blase in Berührung kommen. Das äussere Blatt der so gebildeten Kugelschale ist die in Bildung begriffene Bowman'sche Kapsel, das innere Blatt liegt dem Glomerulus an, welcher in dem von der doppelblättrigen Schale umgebenen Raum zur Entwicklung kommt. Indem dieses, anfangs nur kleine Segment der Kugelschale sich immer mehr zu einer doppelschichtigen Blase ergänzt, wird schliesslich der ganze Glomerulus von ihren beiden Blättern umgriffen. Und da ferner der Übergang des Röhrchens in die Kugelschale immer mehr vom Rande weg an die convexe Oberfläche derselben vorrückt, kommt endlich die Eintrittsstelle der Blutgefässe diametral zu der des Röhrchens zu liegen.

Diese von mir beobachtete Entstehungsart der Malpighi'schen Körperchen weicht wesentlich ab von den oben zusammengestellten Ansichten aller früheren Autoren und zwar insofern, als Alle eine gesonderte Anlage, sei es für das ganze Malpighi'sche Körperchen, sei es blos für den Glomerulus anzunehmen veranlasst waren. Es gelang mir nicht nur, das directe Hervorgehen der Bowman'schen Kapsel aus dem Ende eines Harncanälchens sicherzustellen, sondern auch die mit dem Wachsthum derselben gleichzeitig vorschreitende Bildung des Glomerulus aus dem umliegenden Blutgefässnetze hervorgehen zu sehen. Es kann also nicht die Rede sein von einer Einstülpung des Harncanälchens durch den Glomerulus, da ja die Anlage der Bowman'schen Kapsel der des Glomerulus vorausgeht, und dieser sich erst während ihres Wachsthums in ihr und mit ihr entwickelt. Endlich geht aus den vorstehenden Beobachtungen hervor, dass gleichzeitig mit der Entwicklung eines jeden Malpighi'schen Körperchens auch die Bildung des ihm zugehörigen gewundenen Canälchens vor sich geht. — Was nun das fernere Verhalten der Malpighi'schen Körperchen anbelangt, habe ich noch einige Beobachtungen anzuführen.

Bezüglich der Lage der einzelnen Malpighi'schen Körperchen ist es ein ganz constantes Vorkommen, dass sie während des embryonalen Lebens niemals von den ihnen zugehörigen gewundenen Canälchen rings umgeben sind; vielmehr liegt das gewundene Canälchen stets mit allen seinen Windungen peri-

peripherewärts von dem Malpighi'schen Körperchen. Die Abstände der letzteren von einander, vom Mark gegen die Rindenperipherie hin genommen, vergrössern sich gleichzeitig mit der Verlängerung der gewundenen Canälchen.

Was die Zahl der Malpighi'schen Körperchen betrifft, so kann man sich leicht an Schnittpräparaten die Überzeugung verschaffen, dass dieselbe mit dem Alter des Embryo fort und fort zunimmt und dass eine auffallende Vermehrung derselben auch noch, wenigstens bei Mensch und Hund, in den ersten 8 bis 10 Tagen nach der Geburt an der ganzen Rindenperipherie fortdauert. Nach dieser Zeit scheint die Neubildung der Malpighi'schen Körperchen nur mehr vereinzelt zu geschehen und bald ganz aufzuhören. Diesen Vorgang durch directe Zählung der Körperchen an Schnittpräparaten nachzuweisen und anschaulich zu machen, hat viel Missliches, da die Dicke des Schnittes, die Richtung und die Örtlichkeit desselben soviel schwer bestimmbaren Einfluss auf die Zahl der in einem Interstitium zweier Markstrahlen sichtbaren Körperchen nimmt, dass die gewonnenen Ziffern kaum grösseren Werth beanspruchen können, als die einfache Schätzung, welche für diesen Fall als ausreichend betrachtet werden kann.

In Bezug auf die Grösse der Malpighi'schen Körper ist schon mehrfach darauf aufmerksam gemacht worden, dass an Nieren von Embryonen und Neugebornen die der Marksubstanz zunächst liegenden die grössten sind, und dass sie gegen die Peripherie zu beträchtlich an Grösse abnehmen, während beim Erwachsenen dieser Unterschied so ziemlich ausgeglichen ist. Dass dies als Wachsthums-Erscheinung aufzufassen ist, bedarf wohl kaum eines weiteren Beweises; der Glomerulus und mit ihm das Malpighi'sche Körperchen nimmt, wenn er schon fertig entwickelt ist, noch beträchtlich an Grösse zu und zwar, wie man sich leicht durch Messungen überzeugen kann, um reichlich das Doppelte. Da nun die mehr peripher gelegenen Körperchen immer auch die jüngeren sind, erklärt sich leicht ihr geringerer Durchmesser.

Die Veränderungen der Malpighi'schen Körperchen während ihres Wachsthums betreffen neben der Grössendifferenz hauptsächlich die Form und Anordnung des Glomerulus und das

Epithel des ihn bedeckenden, inneren Blattes der Bowman'schen Kapsel. Was den Glomerulus selbst betrifft, so hat er anfangs ungefähr die Form eines Pilzhutes mit einer der Eintrittsstelle der Gefässe entsprechenden nabelartigen Vertiefung; das zu- und abführende Gefäss besitzt noch eine sehr dünne Wand, deren arterielle Structur nicht nachweisbar ist. Die Zahl der Schlingen beträgt etwa 5—8; zwischen ihnen werden durch Hämatoxylin-Färbung an sehr feinen Schnitten Kerne wahrnehmbar, welche denen der bindegewebigen Zwischensubstanz der Niere vollständig gleichen. Später vermehrt sich die Zahl der Gefässschlingen sehr bedeutend, das zuführende Gefäss wird beträchtlich stärker und es sind ab und zu quere Muskelkerne an ihm sichtbar; der Glomerulus erhält seine kugelige Form, Bindegewebs-Elemente sind in ihm nicht mehr nachweisbar. — Die unmittelbare Umhüllung des Glomerulus trägt, wenn das Malpighi'sche Körperchen bereits fertig entwickelt ist, noch immer jene Lage von cylindrischen Zellen, welche oben an dem inneren Blatte der ihn umgebenden Kugelschale beschrieben worden ist, und welche, wie wir gesehen haben, dem Epithel des Harncanälchens entstammt. Je näher der Marksubstanz zu das Malpighi'sche Körperchen, welches man daraufhin untersucht, gelegen ist, desto mehr finden wir diese Zellen verkürzt, bis sie endlich nur mehr eine ganz platte Schichte darstellen. Diese letztere ist aber bei Neugebornen noch an jedem Glomerulus nachweisbar. Schweigger-Seidel[1] und V. Seng[2], welche diese Zellenlage an Embryonen eingehend beschreiben, haben keine Rücksicht auf die erwähnte Differenz genommen. Betreffs der Membrana propria dieser Zellenlage, deren Vorhandensein von Schweigger-Seidel in Abrede gestellt wird, muss ich Seng beistimmen, welcher so wie ich eine solche zweifellos gesehen hat, und zwar kann ich hinzufügen, dass man dieselbe bei Embryonen und Neugebornen auch an jenen Malpighi'schen Körperchen noch findet, welche ihr Wachsthum bereits vollendet haben.

---

[1] l. c. pag. 76.

[2] Ein Beitrag zur Lehre von den Malpighi'schen Körperchen. Wiener akad. Sitzber. 64. Bd. II. Abthlg. Octoberheft.

Ich komme nun zu den Wachsthums-Erscheinungen, welche an den verschiedenen Abschnitten der Harncanälchen durch directe Beobachtung festgestellt werden können. Über diesen Punkt hat Schweigger-Seidel in seiner öfters citirten, geistvollen Abhandlung Aufklärungen niedergelegt, welchen Jedermann, der sich mit ähnlichen Untersuchungen befasst hat, im grossen und ganzen beistimmen muss. Nur über einige Details habe ich Zusätze zu machen.

Die geraden Harncanälchen, welche, wie wir oben gesehen haben, als Ausstülpungen aus dem Epithel des Nierenbeckens entstanden sind, zeichnen sich bekanntlich durch eine relativ erhebliche Weite aus. Dass die absoluten Masse entsprechender Röhrchen grösser seien als an den Nieren Erwachsener, wie von manchen Seiten behauptet wird, halte ich für unrichtig. Bei Thieren, denen mehrere Markpyramiden zukommen, sind sie schon von vorneherein zu abgeschlossenen Gruppen geordnet, indem aus den mehrfach vorhandenen Einstülpungen des Nierenbeckens, welche fernerhin zu den Nierenkelchen sich gestalten, an einer Stelle mehrere gerade Canälchen hervorsprossen. Diese zu einer Gruppe vereinigt, bilden die Grundlage der späteren Markpyramide. Es gelang mir nicht, sicher zu entscheiden, ob so alle späteren Ductus papillares einer Pyramide gleichzeitig entstanden sind, oder ob sie im Laufe der nächsten Entwicklungsperiode in irgend einer Weise noch Zuwachs erhalten. An Nierenpapillen von fünfmonatlichen menschlichen Embryonen konnte ich deutlich deren 8—10 erkennen.

Die Wachsthums-Erscheinungen, welche die Harncanälchen bald nach ihrer ersten Anlage zeigen, beziehen sich, wie schon erwähnt, darauf, dass zunächst jedes von ihnen, während es sich spitzwinklig verästigt, in mehr weniger gerader Richtung der Peripherie der Nierenrinde zustrebt. Jedes dort angelangte Canälchen gibt seitliche Äste ab, welche sich in einem scharfen Bogen umkrümmen, und zur Bildung der ersten Pseudoglomeruli verwendet werden. Aus letzteren geht, wie ebenfalls schon beschrieben wurde, je ein gewundenes Canälchen hervor, welches peripheriewärts von dem zugehörigen Malpighi'schen Körperchen gelegen ist. Während sich bei dem weiteren Vorwachsen des geraden Canäl-

chens derselbe Vorgang an der ganzen Rindenperipherie wiederholt, vermehrt sich gleichzeitig mit den Malpighi'schen Körperchen auch die Zahl der gewundenen Canälchen, während die Länge derselben in der Fötalperiode nicht erheblich zunimmt. In Betreff ihres Epithels kann man beobachten, dass es schon im dritten Embryonalmonat sich durch die trübe, körnige Beschaffenheit seiner deutlich contourirten Zellen auszeichnet, und dass letztere durch Hämatonylin viel weniger gefärbt werden als die hellen, durchsichtigen Epithelzellen der geraden Röhrchen. — In derselben Zeit begegnet man auch zum erstenmale den schleifenförmigen Canälchen; sie entstehen durch Ausbiegung jenes Canalstückes, welches das Ende des geraden Canälchens mit dem Pseudoglomerulus verbindet. Solange die Schleife noch kurz ist, kann man keine Verschiedenheit ihrer beiden Schenkel weder bezüglich des Epithels noch bezüglich ihres Durchmessers wahrnehmen; erst bei einer gewissen Länge der Schleife, aber schon im vierten Embryonalmonate kommen diese Verhältnisse zum Ausdruck, gerade so, wie wir sie an Nieren Erwachsener kennen. Sehr häufig findet man an der Umbiegungsstelle der Schleife das Röhrchen nicht unbeträchtlich verbreitert. Endlich bemerke ich noch, dass schon zu Beginn des fünften Embryonalmonates die Henle'schen Schleifen bis gegen die Papille der Marksubstanz herabreichen, was man sowohl an Längs- als an Querschnitten der letzteren um so sicherer nachweisen kann, als die Untersuchung dieser Canälchen am Embryo viel weniger Schwierigkeiten macht, als am Erwachsenen, weil die einzelnen Röhrchen des Markes durch reichliches Zwischengewebe in beträchtlicher Entfernung von einander gehalten sind.

Das Wachsthum sämmtlicher Abtheilungen der Harncanälchen betrifft in der Folge fast ausschliesslich ihre Längenzunahme; die Breitendurchmesser verändern sich nur mehr verhältnissmässig wenig.

Ein beträchtlicher Abschnitt des gewundenen Canalsystems, nämlich jener, welcher beim Erwachsenen die äusserste Rindenperipherie ausschliesslich darstellt (cortex corticis Hyrtl), kommt erst dann zur Entfaltung, wenn die Neubildung von Malpighi'schen Körperchen bereits abgeschlossen ist, d. h. für den Menschen und Hund ungefähr 8—10 Tage nach der Geburt. Es enthält

also diese Rindenzone die den äussersten Malpighi'schen Körperchen zugehörigen gewundenen Canälchen. Überhaupt kann man sich durch den Augenschein überzeugen, dass das Längenwachsthum der gewundenen Canälchen nach der Geburt ein sehr beträchtliches ist, womit auch im Zusammenhang steht, dass die Malpighi'schen Körperchen beim Erwachsenen in grösseren Distanzen von einander abstehen, als in der fötalen Entwicklungsperiode.

Nachdem ich im Vorstehenden das, was ich an gemachten Beobachtungen über die Wachsthumserscheinungen an den einzelnen drüsigen Bestandtheilen der Niere beibringen kann, zusammengestellt habe, gehe ich daran, zu untersuchen, in welcher Weise das Wachsthum des ganzen Organes, bedingt durch diese Summe von Einzelnvorgängen, vor sich geht. Ich werde zu dem Ende die auf das Wachsthum bezüglichen Eigenthümlichkeiten, welche sich an Schnittpräparaten erkennen lassen, für eine fortlaufende Reihe von menschlichen, embryonalen Nieren vergleichend nebeneinander stellen, daran einige Stufen aus der späteren Wachsthumsperiode reihen, und so das Bild des Gesammtwachsthums der Niere construiren. Ich benütze dazu Schnitte, welche durch einen ganzen Renculus einer Niere in der imaginären Axe desselben, also längs dem Verlaufe der geraden Harncanälchen geführt worden sind. Die dabei anzuführenden Ziffern, betreffend die Masse der Rinden- und Marksubstanz, sowie die Zahlen für die Malpighi'schen Körperchen bitte ich nicht als für jeden einzelnen Fall genau zutreffend zu betrachten, da insbesondere die Marksubstanz, an verschiedenen Stellen gemessen, sehr ungleiche Resultate ergibt, insoferne als die Markpyramiden eine sehr wechselnde Form und Ausdehnung zeigen. Es sind Mittelzahlen, welche durch den Umstand eine vergleichsweise Giltigkeit erlangen, dass ich fast durchgehends Schnitte aus einander entsprechenden Renculi benützte.

Die Renculi der embryonalen menschlichen Niere sind gewöhnlich so geordnet, dass man 3—4 vordere und ebenso viele hintere, durch tiefe Furchen getrennte Lappen an der

Oberfläche zählen kann, deren Grenzen am lateralen Rande der Niere in einer mehr weniger deutlich ausgeprägten, gebrochen verlaufenden Furche aneinander stossen. In diese Furche sind meistens zwei etwas kleinere Lappen eingeschaltet, welche sich durch eine fast regelmässig kugelförmige Oberfläche von den anderen mehr ovoiden Lappen auszeichnen. Diese habe ich, so oft es anging, zur Vergleichung benützt.

Die für die Malpighi'schen Körperchen angeführten Zahlen können aus den bereits oben angeführten Gründen nur auf sehr approximativen Werth Anspruch erheben, ich glaubte sie aber doch anführen zu sollen, weil sie immerhin einer annähernden Beurtheilung zu Hilfe kommen.

Niere eines zweimonatlichen Fötus.

Einzelne Renculi sind bereits gesondert und einerseits durch Furchung der Rindenoberfläche, andererseits durch gruppenweise Ausmündung der Harncanälchen in das Nierenbecken gekennzeichnet. Die Anlage der Marksubstanz besteht aus den Stämmchen der Harncanälchen — den späteren ductus papillares und ihren nächsten Ästen — welche in divergirender Richtung ausstrahlen, sich bald wieder dichotomisch theilen und dabei ihre Breitendimension erheblich verkleinern. Die Marksubstanz als solche ist also insoferne erkennbar, als diese Canälchen die einzigen drüsigen Bestandtheile dieses Nierenabschnittes bilden. Die Elemente der späteren Rindensubstanz zeigen sich in einer bestimmten Entfernung von dem Nierenbecken und zwar so, dass, wenn die imaginäre Axe des Renculus 1·25 Mm. beträgt, nur ein geringes Mehr als die äussere Hälfte derselben in die Rindensubstanz zu liegen kommt; so dass man sagen kann, Mark und Rinde haben fast gleiche Ausdehnung in der Richtung der Axe. Von den Elementen der Rindensubstanz sind es zunächst vollständig ausgebildete Malpighi'sche Körperchen, die die innere Grenze derselben bezeichnen; sie sind schon beinahe so gross, als wie beim erwachsenen Menschen. Es folgen dann in der Axe nach aussen, von einzelnen in quere Richtung gelegten Schlingen gewundener Röhrchen getrennt, noch ein bis zwei kleinere Malpighi'sche Körperchen. An der Peripherie der Rinde

finden sich, durch reichliches Bindegewebe umgeben, in eine fortlaufende Reihe gestellt, die Pseudoglomeruli und zwar in ihren schon oben beschriebenen verschiedenen Entwicklungsphasen. Ich hebe nochmals hervor, dass man an sehr vielen von ihnen, und zwar am allerhäufigsten an den jüngsten, den Zusammenhang mit den geraden Röhrchen nachweisen kann. Eine Andeutung von Markstrahlen kann man bereits darin finden, dass die geraden Harncanälchen mit ihren Ästen in ziemlich regelmässigen Abständen gegen die Peripherie der Rinde hin verlaufen. Von Schleifencanälchen ist keine Spur zu entdecken. Die bindegewebige Zwischensubstanz überwiegt bedeutend die Drüsenelemente. Die Blutgefässe kann man bereits neben dem Nierenbecken eindringen und in der Gegend der innersten Glomeruli sich verästigen sehen; von ihren weiteren Verzweigungen konnte ich eine typische Anordnung nicht erkennen. Das Nierenbecken mit seinen Ausläufern, den späteren Kelchen, zeigt schön entwickeltes, geschichtetes Epithel.

Fötus von 3 Monaten.

Die Markpapille ist bereits als deutlicher Zapfen in den Nierenkelch vorragend; die Marksubstanz misst in der Axe 1·54 Mm., die Rindensubstanz 0·82 Mm.; es hat daher vorzugsweise das Mark an Ausdehnung zugenommen. Die Rinde zeigt keine wesentliche Veränderung; fertige Malpighi'sche Körperchen stehen 3—4 übereinander. Die Anordnung der gröberen Blutgefässe ist bereits wie am Erwachsenen, die Arteriae interlobulares sind theilweise erkennbar, haben jedoch einen sehr unregelmässigen Verlauf.

Fötus von 4 Monaten.

Das Mark misst 2·74 Mm., die Rinde 1·10 Mm.; Malpighi'sche Körperchen 5—6 in einer Reihe. Die Markstrahlen sind so weit entwickelt, dass die geraden Canälchen in Bündeln von 3—4 nebeneinander liegend die Rinde durchziehen. Schleifencanälchen sind bereits in grösserer Zahl vorhanden und reichen tief in die Markpyramide hinein (dies lässt sich auch an Quer-

schnitten leicht controliren); die gewundenen Röhrchen haben sichtlich an Länge zugenommen. In der Pyramide ist die Zahl der Canälchen auffallend vermehrt, und zeigen die Sammelröhrchen reichliche Theilungen ohne Regel bezüglich der Höhe. Die Arteriae interlobulares sind bereits typisch geordnet.

Fötus von 5½ Monaten.

Die Rinde misst 1·55 Mm., das Mark 3·89 Mm. Die Renculi sind sehr scharf abgeschlossen, indem sich Bindegewebszüge zwischen sie mehr weniger weit hineinschieben. Beiderseits von diesen ziehen sich in reihenweiser Anordnung Pseudoglomeruli von der Rindenoberfläche her fort *(Columnae Bertini)*. Von Malpighi'schen Körperchen stehen 6—8 in einer Reihe.

Fötus von 6 Monaten.

Die Rinde misst 1·43 Mm., die Markpyramide 4·93 Mm.; ausserdem ist nichts bemerkenswerthes zu erwähnen.

Fötus von 7 Monaten.

Die Rinde misst 1·56 Mm., das Mark 6·13 Mm. Die Zahl der Markcanälchen ist beträchtlich vermehrt, insbesondere sind in grosser Zahl Henle'sche Schleifen vorhanden. Die Markpapille ist lang und spitz ausgezogen, und weit in den Nierenkelch vorragend. Die Markstrahlen sind regelmässig und deutlich ausgeprägt; zwischen ihnen stehen 8—10 Malpighi'sche Körperchen über einander. Die Pseudoglomeruli stehen in dichter Reihe in der Rindenperipherie und an den Scheidewänden der einzelnen Rindenlappen. Das Bindegewebe ist relativ beträchtlich vermindert, das Blutgefässsystem reichlich und in allen seinen Theilen vollkommen entwickelt.

Neugebornes, reifes Kind.

Die Dimension der Markpyramide ist bis auf 8·31 Mm. gewachsen, die der Rinde beträgt 1·80 Mm. Die Glomeruli stehen zu 10—12 in einer Reihe. Die Markstrahlen haben an der Zahl der Röhrchen sehr zugenommen, ebenso die Markpyramide. Die

gewundenen Canälchen zeigen ebenfalls eine nicht unbeträchtliche Längenzunahme.

Kind, 7 Tage alt.

Die Dimensionen von Mark und Rinde sind ungefähr dieselben wie beim Neugebornen; die fertigen Glomeruli reichen bis an die äusserste Rindenzone und man sieht nur noch einzelne Pseudoglomeruli; jedoch ist die äusserste Lage von gewundenen Canälchen noch nicht zu einer ununterbrochenen Schichte vereinigt.

Kind, 3 Monate alt.

Das Mark misst 10·2 Mm., die Rinde 2·8 Mm. Die Glomeruli stehen in der Zahl von 14—18 übereinander. Die Canälchen der Cortex corticis sind bereits zu einer geschlossenen Schichte angewachsen, jedoch sieht man noch häufig Glomeruli unmittelbar unter der Kapsel. Pseudoglomeruli sind nicht mehr vorhanden. Das Bild beider Substanzen gleicht schon sehr dem der ausgewachsenen Niere, nur stehen die Glomeruli viel näher aneinander; ihre Zahl aber ist keinesfalls geringer als beim erwachsenen Menschen.

Der besseren Anschaulichkeit wegen stelle ich die Masse der Mark- und Rindensubstanz, sowie das Verhältniss beider in der folgenden Tabelle nebeneinander.

Alter des Individuums	Mark substanz	Rinden-substanz	Verhältniss-Zahl
2monatlicher Fötus	0·80	0·85	100 : 106
3monatlicher Fötus	1·54	0·82	100 : 53
4monatlicher Fötus	2·47	1·10	100 : 44
5½monatlicher Fötus	3·89	1·55	100 : 38
6monatlicher Fötus	4·93	1·43	100 : 29
7monatlicher Fötus	6·13	1·56	100 : 25
Neugebornes Kind	8·31	1·80	100 : 21·5
3 Monate altes Kind	10·20	2·80	100 : 27·4
13 Monate altes Kind	12·00	3·00	100 : 25
2 Jahre altes Kind	13·2	4·00	100 : 30
7 Jahre altes Kind	10·50	4·75	100 : 45
22jähriger Mann	16·00	9·00	100 : 56

Aus den angeführten Daten ergibt sich, dass man bezüglich des Wachsthums der Nieren zwei Perioden unterscheiden kann, deren erste von ihrer Anlage bis einige Tage nach der Geburt, die zweite von da weiter sich erstreckt. Die erstere ist charakterisirt durch Bildung neuer Drüsenelemente aus den bereits vorhandenen an der Peripherie der Nierenrinde, sowie durch vorwiegende Längenzunahme und Astbildung der geraden Markcanälchen. Die zweite Periode findet ihre Charakteristik darin, dass keine neuen Röhrchen und keine Malpighi'schen Körperchen mehr entstehen, während das Längenwachsthum neben den geraden Canälchen vorzugsweise die gewundenen Rindenröhrchen betrifft. Hiemit ist der Ausspruch Schweigger-Seidel's[1], dass die Nierenrinde zuerst durch Apposition und weiter durch Ausdehnung der gebildeten Drüsencanälchen wächst, bestätiget und näher präcisirt. — Die Sonderung von Mark- und Rindensubstanz muss ich aber viel weiter zurückdatiren, als Schweigger-Seidel dies gethan hat. Wir sahen ja schon am zweimonatlichen Embryo die charakteristischen Elemente der Rindensubstanz, die Malpighi'schen Körperchen, nur bis zur Hälfte der Axe des Renculus hereinreichen, während der ganze innere Abschnitt nur von den geraden Canälchen eingenommen war. Diese Scheidung des Gewebes in zwei Substanzen ist schon ursprünglich darin begründet, dass nur an den peripheren Enden der geraden Canälchen sich stets die Rindenelemente entwickeln; der erste fertige Glomerulus bildet dann für immer den Grenzstein zwischen Mark und Rinde.

Die Abtheilung der Nierensubstanz in mehrere Renculi fällt bei Thieren, denen sie überhaupt zukommt, sowie beim Menschen in eine sehr frühe Zeit. So konnte ich an der Niere eines Schweinsfötus von 15 Mm. Länge dieselben schon ganz deutlich wahrnehmen, ebenso bei einem menschlichen Embryo von 7 Wochen. Die einzelnen Rindenlappen sind da schon deutlich durch Bindegewebs-Züge umgrenzt. Es scheint, dass auch schon zu dieser Zeit, jedenfalls aber im dritten bis vierten Embryonalmonat, beim Menschen die volle Zahl der Markpyramiden in vielen Fällen bereits angelegt ist. Jedoch kommen hier,

[1] l. c. pag. 58.

wie auch beim Erwachsenen, sehr erhebliche individuelle Verschiedenheiten vor. Namentlich deutet Vieles darauf hin, dass die Spaltung Einer Pyramide in zwei oder mehrere im Laufe des Wachsthums unter Umständen vorkommt, und zwar parallel mit der Vermehrung der Rindenlappen. Ich führe dafür an, dass an Nieren Erwachsener die Zahl der Markpapillen erheblich kleiner ist, wenn die Lappung der Rinde völlig unkenntlich geworden ist, als wenn dieselbe sehr ausgeprägt vorhanden ist.

Während in dem ersteren Falle nur wenige typische Papillen zu sehen sind, die meisten derselben untereinander verschmolzen oder durch brückenartige Leisten verbunden erscheinen, finden wir in Fällen ausgesprochener Lappung der Nierenoberfläche gerade das umgekehrte Verhältniss; die Markpapillen sind in reicher Zahl vorhanden, fast durchwegs rein kegelförmig und gesondert. So konnte ich an der Niere eines 21jährigen kräftigen Mannes bei 40 gut gesonderte Rindenlappen und fast ebensoviele isolirte Markpapillen zählen. Eine andere Thatsache, welche mir für die Möglichkeit der Zerlegung einer Markpyramide zu sprechen scheint, ist die, dass in Fällen von Verwachsung zweier oder mehrer Papillen dieselbe in sehr verschiedener Weise zur Beobachtung kommt. Das einemal trifft man fast vollständige Verschmelzung oder Verbindung durch einen flachen Kamm, ein anderesmal eine schmälere oder breitere Brücke von Marksubstanz, oder endlich nur ein zartes Häutchen oder Fädchen von Bindegewebe zwischen zwei Papillen ausgespannt.

Es scheint mir keine gewagte Annahme zu sein, dass diese Formen von Verbindung zweier Papillen aus einander hervorgehen können, und dass es so schliesslich zur gänzlichen Spaltung zweier früher verwachsener Papillen kommen könne. — Zweifellos aber kann man die Zunahme der Zahl der Rindenlappen während des embryonalen Wachsthums beobachten. Sie spricht sich in der Bildung von Furchen an der Oberfläche der vorhandenen Lappen aus, welche zuerst seicht sind und stellenweise sich ganz verlieren, dann aber immer tiefer greifen und vollständiger werden. Mit diesem Vorgange parallel geht die Entwicklung der Columnae Bertini. Indem nämlich die am meisten gegen die Peripherie einer Markpyramide zu gelegenen Sammelröhrchen nicht mehr bis an die Nierenoberfläche gelangen,

sondern gegen die seitliche Umgrenzung je eines Rindenlappens zustreben, kommt es am letzteren Orte ebenfalls zur Entwicklung von reihenweise geordneten Pseudoglomeruli, aus denen Malpighi'sche Körperchen und gewundene Canälchen hervorgehen. Man sieht also dort, wo zwei Rindenlappen aneinander grenzen, zwei Reihen von Pseudoglomeruli, welche durch einen Bindegewebszug von einander scharf abgegrenzt werden. Dass in diesem Vorgange zum grossen Theile das Breitenwachsthum der Rindenlappen begründet ist, dürfte keinem Zweifel unterliegen.

Was nun die Grösse des Wachsthums in den einzelnen Zeitabschnitten anbelangt, so ist sie, wie schon aus älteren vergleichsweisen Gewichtsbestimmungen hervorgeht, während der Fötalperiode im Verhältniss zum Gesammtkörper viel erheblicher, als während der späteren Entwicklung. Es ist nach J. F. Meckel das Gewichtsverhältniss beider Nieren beim neugebornen Kinde wie 1 : 80 und beim Erwachsenen wie 1 : 290; nach Huschke wie 1 : 82—100 und 1 : 225. — Die Wachsthumsverhältnisse von Mark und Rinde, nach der imaginären Axe der Renculi gemessen, sind aus der obigen Tabelle ersichtlich. Wenn auch die Einzelnziffern für Mark und Rinde bei verschiedenen Individuen dem Alter nach nicht immer entsprechende Zuwächse zeigen, so ist doch das Verhältniss von Mark und Rinde einer bestimmten Regel unterworfen, welche sich darin ausspricht, dass im Embryonalleben das Wachsthum der Marksubstanz beträchtlich über das der Rinde überwiegt, während nach der Geburt die letztere eine zusehends stärkere Zunahme aufweist als die Marksubstanz.

Die charakteristischen histologischen Differenzen zwischen der Niere des Embryo und der des Erwachsenen hat schon Schweigger-Seidel fast erschöpfend hervorgehoben. Ich stelle dieselben, wie sie sich nach seinen und meinen Beobachtungen darstellen, noch kurz zusammen. Die Eigenthümlichkeiten der fötalen Niere bestehen für die Rinde in der Anwesenheit der Pseudoglomeruli und in dem Mangel der als Cortex corticis benannten Rindenzone, ferner in der geringen Länge der gewundenen Canälchen und in der constanten Grössendifferenz der Malpighi'schen Körperchen, je nach ihrer Entfernung von

der Marksubstanz. Für die Marksubstanz ist besonders hervorzuheben, dass die Verästlung der Sammelröhrchen in der ganzen Pyramide gleichmässig erfolgt, während sie später sich auf die Spitze und Basis der Pyramide beschränkt. Für die ganze Niere ist das relativ starke Vorwiegen der bindegewebigen Zwischensubstanz, besonders an jüngeren Embryonen, eigenthümlich, eine Beobachtung, welche schon durch Remak gemacht worden ist.

Erklärung der Abbildungen.

Fig. 1 stellt die Nierenanlage eines Katzenembryo von 13 Mm. Länge, in frontaler Ansicht, bei 30facher Vergrösserung dar.

Fig. 2 und 3 stellen frontale Durchschnitte durch die Mitte embryonaler Nieren dar und zeigen die schrittweise Entwicklung der Harncanälchen kurz nach ihrer ersten Anlage. Fig. 2 ist einem Kaninchen-Embryo von 15 Mm. Länge, und Fig. 3 dem 2·5 Cm. langen Embryo eines grossen Fleischerhundes entnommen. — *aa* sind die sogenannten Pseudoglomeruli. Die Epithellage der Harncanälchen sowie des Nierenbeckens und des Harnleiters ist, obwohl an den Präparaten deutlich sichtbar, ebenso wie in Fig. 1 nicht gezeichnet worden. Auch diese Abbildungen sind genau 30mal vergrössert.

Fig. 4 zeigt den peripheren Abschnitt eines verzweigten Harncanälchens mit zwei Pseudoglomeruli in ihrem ersten Entstehen (*a*). Kaninchen: Embryo von 15 Mm. Länge. Hartnak, Syst. VIII. Ocul. 3.

Fig. 5—8 zeigen die sogenannten Pseudoglomeruli aus der Niere 6 Tage alter Hündchen mit den aufeinander folgenden Stadien der Ausbildung der Malpighi'schen Körperchen. — Isolations-Präparate durch Maceration in Salzsäure gewonnen. — Bei allen waren die Harnwege vollständig mit Leimmasse erfüllt worden, und sind daher die beiden Blätter der kappenartigen Anlage der Bowman'schen Kapsel weit von einander abgehoben. — *a*. Äusseres Blatt dieser Anlage mit den Kernen der platten Epithelzellen, *b*. inneres Blatt mit Cylinderepithel, *c*. Bildungsstätte des Glomerulus, in Fig. 7 und 8 bereits mit deutlich entwickelten Gefässschlingen versehen, deren Zusammenhang mit dem umliegenden Blutgefässnetze angedeutet ist. — Hartnak, Immersions-Syst. X. Ocul. 2.

Fig. 1.

Fig. 3.

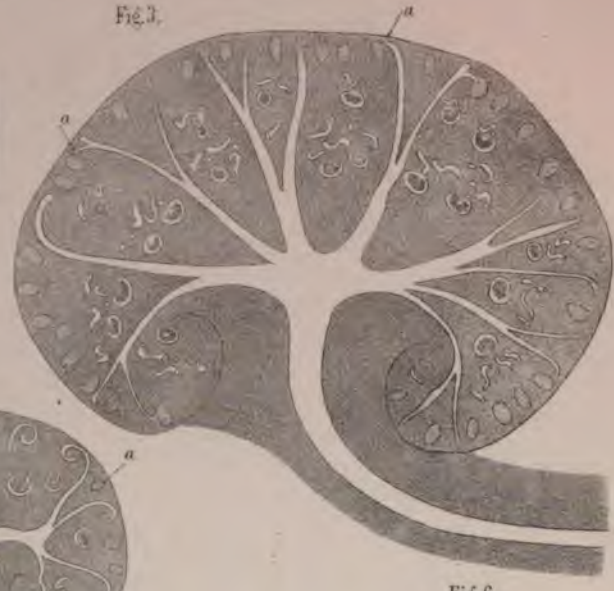


Fig. 2.

Fig. 6.

Fig. 4.

Fig. 7.

Fig. 5.

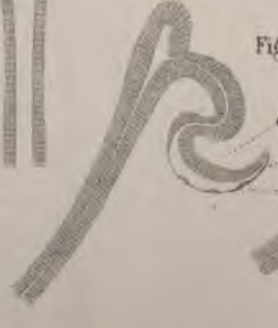


Fig. 8.

Sitzungsb. d. k. Akad. d. W. math-naturw. Cl. LXIX. Bd. III. Abth. 1874.

Digitized by Google

XI. SITZUNG VOM 23. APRIL 1874.

Die deutsche Gesellschaft für Natur- und Völkerkunde Ost-Asiens zu Yedo dankt, mit Schreiben vom 23. Februar l. J., für den mit ihr eingegangenen Schriftentausch.

Der n. ö. Gewerbe-Verein in Wien dankt, mit Zuschrift vom 16. April, für den ihr übermittelten Jahrgang 1873 der Sitzungsberichte.

Der Secretär legt folgende eingesendete Abhandlungen vor:

„Zur Lehre vom Lichtsinne. V. Mittheilung: Grundzüge einer Theorie des Lichtes", vom Herrn Prof. Dr. Ew. Hering in Prag.

„Die Florenelemente in der Kreideflora", vom Herrn Prof. Dr. Const. Freih. v. Ettingshausen in Graz.

„Die Eisverhältnisse der Donau im Lande Österreich ob und unter der Enns in den Jahren 1868/9 bis 1872/3", vom Herrn Vice-Director K. Fritsch in Salzburg.

„Topographie und Mechanik des Mittelohres", vom Herrn Regierungsrathe Dr. E. Mach in Prag.

Herr Regierungsrath Dr. K. v. Littrow berichtet über die Entdeckung eines neuen teleskopischen Kometen durch Herrn Coggia in Marseille am 17. April l. J.

Herr Hofrath Dr. E. R. v. Brücke überreicht eine Abhandlung des Herrn Dr. Leop. Weiss aus Giessen, betitelt: „Beiträge zur quantitativen Bestimmung des Zuckers auf optischem Wege."

Herr Prof. Dr. Friedr. Simony legt eine Abhandlung: „Über Temperatur- und Tiefenverhältnisse des Königssees" vor.

Herr Dr. Emil v. Marenzeller übergibt eine Abhandlung: „Zur Kenntniss der adriatischen Anneliden".

Herr Prof. Dr. L. Boltzmann überreicht eine Abhandlung, betitelt: „Experimentelle Bestimmung der Dielektricitätsconstante einiger Gase.“

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Accademia Pontificia de' nuovi Lincei: Atti. Anno XXVII, Sess. 2da. Roma, 1874; 4°.

Akademie der Wissenschaften, Königl. Preuss., zu Berlin: Monatsbericht. Februar 1874. Berlin; 8°.

— — und Künste, Südslavische: Rad. Knjiga XXVI. U Zagrebu, 1874; 8°. — Starine. Knjiga V. U Zagrebu, 1873; 8°.

Anales del Museo público de Buenos Aires. Entrega 10a. Buenos Aires, Paris, Halle a. S., 1872; 4°.

— del Observatorio de Marina, de San Fernando. Seccion 2a. Observaciones meteorológicas. Año 1872. San Fernando, 1873; 4°.

Anstalt, kgl. ungar. geologische: Évkönyve. II köt., 3. füz. Pest, 1873; 4°. — Mittheilungen. I. Band, 3. Lieferung; II. Band, 2. & 3. Lieferung. Pest, 1873; 4°. — Die Collectiv-Ausstellung ungarischer Kohlen auf der Wiener Weltausstellung 1873. Pest, 1873; 8°. — Katalog der auf der Wiener Weltausstellung im Jahre 1873 ausgestellten Nummuliten. Pest, 1873; 4°. — Die Ausstellungs-Objecte der kgl. ungar. geolog. Anstalt auf der Wiener Weltausstellung 1873. Budapest, 1873; 4°.

Astronomische Nachrichten. Nr. 1980—1983. (Bd. 83. 12—15.) Kiel, 1874; 4°.

Bern, Universität: Akademische Gelegenheitsschriften aus d. J. 1873. 4° & 8°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Tome LXXVIII, Nr. 14. Paris, 1874; 4°.

Gesellschaft der Wissenschaften, königl. böhmische: Sitzungsberichte. 1874. Nr. 1. Prag; 8°.

— — Kgl. Sächs., zu Leipzig: Abhandlungen der philolog.-histor. Classe. VI. Band, Nr. 5; VII. Band, Nr. 1. Leipzig, 1873; 4°. Abhandlungen der mathem.-phys. Classe. X. Band, Nr. 6. Leipzig, 1873; 4°. — Berichte der philolog.-histor. Classe. XXIV. Band. 1872. Leipzig, 1873; 8°. Berichte der

mathem.-phys. Classe. 1872, Heft 3 & 4; 1873, Heft 1 & 2. Leipzig, 1873; 8°. — Elemente des ersten Kometen vom Jahre 1830. Von L. R. Schulze. Leipzig, 1873; 8°.

Gesellschaft, physikal.-medicin., zu Würzburg: Verhandlungen. N. F. VI. Band, 1.—4. Heft. Würzburg, 1874; 8°.

— Deutsche, geologische: Zeitschrift. XXV. Band, 3. Heft. Berlin, 1873; 8°.

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Wochenschrift. XXXV. Jahrgang, Nr. 16. Wien, 1874; 4°.

Jahrbuch über die Fortschritte der Mathematik. III. Band. Jahrgang 1871. Heft 3. Berlin, 1874; 8°.

Jahresbericht über die Fortschritte der Chemie etc. Von Alex. Naumann. Für 1871. 3. Heft. Giessen, 1874; 8°.

Landbote, Der steirische. 7. Jahrgang, Nr. 8. Graz, 1874; 4°.

Landwirthschafts-Gesellschaft, k. k., in Wien: Verhandlungen und Mittheilungen. Jahrg. 1874. Nr. 6. Wien; 4°.

Lotos. XXIV. Jahrgang. Februar, März & April 1874. Prag; 8°.

Marburg, Universität: Akademische Gelegenheitsschriften seit November 1872. 4° & 8°.

Mittheilungen aus J. Perthes' geographischer Anstalt. 20. Band, 1874. Heft IV. Gotha; 4°.

Nature. Nr. 233. Vol. IX. London, 1874; 4°.

Plateau, J., Statique expérimentale et théorique des liquides soumis aux seules forces moléculaires. II Volumes. Paris, Londres & Gand, 1873; 8°.

Repertorium für Experimental-Physik etc. Von Ph. Carl. X. Band, 1. Heft. München, 1874; 8°.

Revista de Portugal e Brazil. Nr. 11 & 12. Lisboa, 1874; 4°.

„Revue politique et littéraire" et „Revue scientifique de la France et de l'étranger". IIIe Année, 2e Série, Nr. 42. Paris, 1874; 4°.

Società Italiana di Antropologia e di Etnologia: Archivio. IV° Vol., fasc. I°. Firenze, 1874; 8°.

— degli Spettroscopisti Italiani: Memorie. Anno 1874, Disp. 2ª. Palermo, 1874; 4°.

Société Philomathique de Paris: Bulletin. Tome X^e. Janvier—Juin 1873. Paris, 1873; 8°.

Société Malacologique de Belgique: Annales. Tomes VI & VII. Années 1871 & 1872. Bruxelles; gr. 8°. — Procès-verbaux des séances. Tome II. Année 1873. Bruxelles; 8°.

— Impériale de Médecine de Constantinople: Gazette médicale d'Orient. XVIIe Année, Nrs. 10—11. Constantinople, 1874; 4°.

Society, The Royal Geographical, of London: Proceedings. Vol. XVIII, Nr. 2. London, 1874; 8°.

Verein der Freunde der Naturgeschichte in Mecklenburg: Archiv. 27. Jahr. (1873.) Neubrandenburg, 1873; 8°.

Wiener Medizin. Wochenschrift. XXIV. Jahrgang. Nr. 16. Wien, 1874; 4°.

van der Willigen, V. S. M., Mémoires de Physique, présentés à MM. les Directeurs de la Fondation (Teyler). V. Harlem, 1874; 4°.

Beiträge zur quantitativen Bestimmung des Zuckers auf optischem Wege.

Von Dr. med. **Leopold Weiss** aus Giessen.

(Aus dem physiologischen Institute der Wiener Universität.)

Es ist zwar durch verschiedene Versuchsreihen, in neuerer Zeit noch wieder durch die Versuche von Tscherinoff[1] bewiesen worden, dass die Untersuchung mittelst des Polarisationsapparates den Zuckergehalt des diabetischen Urins nicht in verlässlicher Weise angibt, weil einer gleichen Zuckermenge nicht immer der gleiche Drehungswinkel entspricht. Es ist aber einerseits möglich, dass wir, wenn wir einmal die Ursache dieser auffallenden Erscheinung kennen gelernt haben, auch ein Mittel finden, uns von ihr zu emancipiren; andererseits ist es jedenfalls wünschenswerth, dass wir anderweitige Fehler in der Zuckerbestimmung so viel als möglich wegzuschaffen suchen. Ich habe um so mehr geglaubt, dass es der Mühe werth sei, sich mit dieser Aufgabe zu beschäftigen, als die dabei gewonnenen Resultate nicht der Zuckerbestimmung im Urin allein, sondern der optischen Zuckerbestimmung im allgemeinen zu gute kommen.

Da es für meine Versuche nicht nothwendig war, gerade Harnzucker anzuwenden, so habe ich sie sämmtlich mit Rohrzucker, der theils in Wasser, theils in Harn aufgelöst wurde, angestellt. — Ich gab dem Rohrzucker den Vorzug, weil er als weisser Candiszucker in beliebiger Menge in nahezu chemisch reinem Zustande zu haben ist, und weil sein Drehungsvermögen bekanntermassen weniger äusseren Einflüssen unterworfen ist, als das der Glykose, beziehungsweise des Harnzuckers.

Es fiel mir zunächst auf, dass durch die Lehrbücher eine offenbar unrichtige Angabe geht, nämlich diejenige, dass die

[1] Sitzb. der Wiener Akademie. Bd. 51, Abthl. II, S. 412.

Werthe, welche man mit dem Biot'schen, beziehungsweise Mitscherlich'schen Saccharometer erhält, wenn man auf die Teinte de passage einstellt, identisch sind mit denjenigen, welche man erhält, wenn man mit diesen Instrumenten bei dem gelben Licht der Natronflamme arbeitet und auf Dunkel einstellt. Es ist dies offenbar ein Irrthum, der sich aus der Zeit herschreibt, als man das Violett noch für das Complement der gelben Farbe der Natronflamme hielt; dieses Complement ist aber, wie Helmholtz später gezeigt hat, nicht Violett, sondern Ultramarinblau. Das Complement der Teinte de passage muss nach unseren jetzigen Kenntnissen ein Grüngelb sein, welches von dem Gelb der Natronflamme nicht unbedeutend verschieden ist.

Es handelt sich also darum, zu untersuchen, wie weit die Werthe auseinanderfallen, welche man erhält, wenn man einmal die Teinte de passage benützt, das anderemal mit dem gelben Lichte der Natronflamme arbeitet. Letzteres stellte ich mir dar, indem ich auf Platinösen Sodaperlen in die lichtlose Flamme eines Bunsen'schen Brenners brachte.

In folgender Tabelle sind die Werthe enthalten, die ich erhielt, wenn ich nacheinander bei der Natronflamme auf Dunkel und bei dem weissen Licht der Gasflamme auf Teinte de passage einstellte, und aus je 20 Ablesungen das Mittel nahm.

I.

Ordnungsnummer	Concentration der Lösung $\left(\frac{p}{v}\right)$	Drehung der Polarisationsebene, in Graden ausgedrückt, für	
		Natronflamme (auf Dunkel eingestellt)	Einstellung auf Teinte de passage
1	0·1942	26·94	27·13
2	0·0971	13·16	13·66
3	0·1936	25·45	26·10
4	—	13·72	14·16
5	0·1	13·50	13·96
6	0·05	6·595	6·77

Wie man sieht, ist durchweg der sich auf Teinte de passage beziehende Werth grösser, als der bei derselben Lösung bei Anwendung der Natronflamme gefundene.

Will man das Verhältniss beider näher bezeichnen, so erhält man, den für die Natronflamme gefundenen Werth = 1 gesetzt,

bei Lösung	1	das Verhältniss	1 : 1·044
„ „	2	„ „	1 : 1·038
„ „	3	„ „	1 : 1·026
„ „	4	„ „	1 : 1·033
„ „	5	„ „	1 : 1·033
„ „	6	„ „	1 : 1·027

und als Mittel

1 : 1·034.

Ein gleiches sieht man, wenn man die in der folgenden Tabelle enthaltenen Werthe, die sich auf Einstellung auf Teinte de passage und auf Natronlicht beziehen, mit einander vergleicht.

II.

Ordnungsnummer	Anzahl der Gramme Zucker in 110·54 CC.-Lösung	Einstellung auf Dunkel: Bei dem gelben Licht der Natronflamme, Mittel aus je 20 Ablesungen	Einstellung auf Dunkel: Differenz der Maxima und Minima	Einstellung auf Dunkel: Bei rothem Licht mit vorgesetztem Überfangglas	Einstellung auf Dunkel: Differenz der Maxima und Minima	Einstellung auf Teinte de passage	Differenz der Maxima und Minima	Beobachter
1	16·105	18·852	0·25	16·088	0·25	19·58	0·3	ich
		18·77	0·4	15·74	0·2	19·9	0·4	Dr. Fleischl
2	17·275	20·935	0·25	17·87	0·25	21·215	0·35	ich
		—	—	—	—	22·1	0·3	Dr. Fleischl
3	21·413	25·09	0·4	21·39	0·5	25·45 ?	0·7	ich
		25·5	0·2	21·4	0·45	26·47	0·35	Dr. Exner
4	21·86	25·79	0·35	22·01	0·25	26·88	0·7	ich
		26·03	0·6	21·32	0·2	27·12	0·35	Dr. Fleischl
5	33·26	39·635	0·2	33·875	0·6	41·19	0·9	ich
		39·32	0·3	33·88	0·3	40·98	0·25	Dr. Fleischl

Berechnet man aus diesen Zahlen nach der Gleichung $\alpha = \frac{a.V}{l.p}$ die Moleculardrehung, so erhält man als Mittel:

für das gelbe Licht der Natronflamme	für das rothe Licht bei vorgesetztem rothen Glas	für Einstellung auf Teinte de passage
65·53°	55·37° [1]	68·44°

Vergleicht man die gefundenen Zahlen, so ergibt sich folgendes Verhältniss der gefundenen Werthe untereinander, die Werthe, bei Anwendung der Natronflamme gefunden, = 1 gesetzt.

III.

Lösung	Werth für		
	Natronflamme	rothes Licht	Teinte de passage
1	1	0·853	1·038
	1	0·838	1·06 *
2	1	0·806 *	1·013 *
3	1	0·852	—
	1	0·839	1·038
4	1	0·821	1·042
	1	0·811	1·042
5	1	0·852	1·04
	1	0·86 *	1·042

Als Mittel ergibt sich hieraus:

1 : 0·837 : 1·0393.

Lässt man in jeder Columne die besternten Zahlen als die zwei differentesten Werthe weg, so erhält man als Mittel:

1 : 0·838 : 1·04 [2]

[1] Biot fand bei vorgesetztem Überfangglas 55·225. Mousson, Physik, Bd. II, S. 571.

[2] Wie man sieht, ergibt sich aus Vergleichung der für Natronlicht und Teinte de passage gefundenen Werthe des specifischen Drehungs-

Vergleicht man die in Tabelle II enthaltenen Werthe, die sich auf das gelbe Licht der Natronflamme und auf Einstellung auf Teinte de passage beziehen, mit einander, so findet man auch hier, dass die Werthe, die bei Einstellung auf Teinte de passage gefunden wurden, durchweg grösser sind, als die bei Natronlicht gefundenen. War in der ersten Tabelle das Verhältniss zwischen beiden 1 : 1·034, so ist es in der zweiten 1 : 1·04, den Werth für gelbes Licht gleich 1 gesetzt.

Bei der Einstellung auf Teinte de passage fiel es mir auf, dass sowohl Herr Dr. Fleischl als auch Herr Dr. Exner merklich grössere Ablesungswerthe erhielten als ich, wie dieses auch aus Tabelle II, abgesehen von der fünften Lösung, ersichtlich ist. Ist die Einstellung auf Teinte de passage schon an und für sich schwieriger als die auf Dunkel bei Natronlicht, so kommt für mich bei Einstellung auf Teinte de passage noch die weitere Schwierigkeit hinzu, dass mein Auge, wie ich mir bewusst bin, bei einer sonst übernormalen Sehschärfe von $^{25}/_{20}$, für feinere Farbennüancen nicht sehr empfindlich ist. Ich muss daher den von den beiden Genannten abgelesenen Drehungswinkeln mehr Werth beilegen, als meinen Ablesungen. Schalte ich meine Zahlen aus, so ergibt sich als Mittel für das Drehungsvermögen bei Einstellung auf Teinte de passage 68·75. Diese Zahl mit der bei Anwendung des Natronlichtes gefundenen, 65·53, verglichen, zeigt sich das Verhältniss 1 : 1·049, während, die von mir gefundenen Zahlen mitgerechnet das Verhältniss 1 : 1·04 gefunden wurde.

Ein anderer Satz der Lehrbücher sagt aus, dass man, um die bei rothem Licht gefundenen Werthe in solche für die Teinte de passage, beziehungsweise in solche für gelbes Natronlicht umzurechnen, sich des Factors $^{30}/_{23}$ bedienen soll. Unter dem rothen Lichte kann hier wohl nur das verstanden werden und hat wohl nur das ein praktisches Interesse, welches durch die mit Kupferoxydul gefärbten Überfanggläser hindurchgeht, denn dieser bedient man sich, um das andersfarbige Licht abzu-

---

vermögens das etwas grössere Verhältniss 1 : 1·044. Es hat dies seinen Grund hauptsächlich darin, dass der bei Lösung 2 für Teinte de passage gefundene Werth 22·1 in Tabelle III nicht verwendet werden kann.

blenden. Die Anwendung vom Roth des Spectrums bei dergleichen Beobachtungen ist so umständlich, dass sie praktisch niemals in Gebrauch kommen wird. Ich habe deshalb Parallelversuche mit reiner Rohrzuckerlösung angestellt, so dass das einemal beim Lichte der Natronflamme beobachtet wurde, das anderemal beim Lichte eines leuchtenden Gasbrenners, während vor das Ocular des Polarisationsapparates ein rothes Überfangglas gelegt war.

Dieses Glas liess nicht allein reines Roth durch, sondern auch noch Strahlen, welche zwischen diesem und der Natronlinie liegen. Man konnte aber dennoch recht gut mit demselben auf Dunkel einstellen.

Die Werthe, die hier gefunden wurden, sind in der folgenden Tabelle enthalten. Auch hier bilden die in derselben befindlichen Zahlen das Mittel von gewöhnlich 20 Ablesungen.

IV.

Ordnungsnummer	Concentration der Lösung	Grösse der Drehung, in Graden ausgedrückt	
		bei gelbem Licht	bei rothem Licht
1	0·38636	52·69	45·08
2	0·19318	26·94	22·91
3	0·09659	13·11	11.14
4	0·1936	25·6	21·3
6	0·2	26·51	22·6
5	0·1	13·5	11·5

Den Werth für gelbes Licht gleich 1 gesetzt, so ergibt sich

bei Lösung 1 das Verhältniss 1 : 0·855
„ „ 2 „ „ 1 : 0·85
„ „ 3 „ „ 1 : 0·846

bei Lösung 4 das Verhältniss 1 : 0·83
„ „ 5 „ „ 1 : 0·85
„ „ 6 „ „ 1 : 0·86

und als Mittel das Verhältniss

1 : 0·849

oder

30 : 25·47

Einen diesem sehr ähnlichen Werth erhält man aus Tabelle II. Es ergibt sich bei Vergleichung der bei vorgesetztem rothen Glas und bei Natronflamme erhaltenen Werthe das Verhältniss

1 : 0·838

oder

30 : 25·14.

Vergleicht man in Tabelle II die für Teinte de passage und rothes Licht gefundenen Werthe, so ergibt sich aus dieser Vergleichung das Verhältniss

30 : 24.

Eine ähnliche Vergleichung habe ich mit Hilfe eines Wild'schen Polaristrobometers angestellt. Es zeigte sich aber hier, dass dasselbe dem Mitscherlich'schen Saccharometer zwar an Genauigkeit weit überlegen ist, wenn man das gelbe Licht der Natronflamme anwendet, dass aber mit dem rothen Glase keineswegs entsprechend genaue Werthe gefunden werden, wie es die Zahlen in der folgenden Tabelle zeigen.

Es liegt dies daran, dass das Glas nicht vollständig monochromatisch ist und das Verschwinden der Streifen nicht so gleichmässig und plötzlich erfolgt, wie bei Anwendung des gelben Lichtes der Natronflamme.

Folgende Tabelle enthält die gefundenen Werthe:

V.

Ordnungsnummer	Anzahl der Gramme Zucker in 110·54 CC. Lösung	Bestimmung des Nullpunktes	Drehung der Polarisationsebene, in Graden ausgedrückt				Beobachter
			Bei Natronlicht	Differenz der Maxima und Minima	Bei rothem Glas	Differenz der Maxima und Minima	
1	16·105	49·32°	21·169	0·12	17·844	0·2	ich
2	17·275	49·32	22·708	0·09	19·73	0·2	ich
			22·7	0·15	19·83	0·3	ich
3	21·413	49·33	28·273	0·09	—	—	ich
		49·33	28·281	0·05	—	—	Dr. Fleischl
		49·33	28·41	0·15	—	—	Dr. Exner
4	21·86	49·32	28·54	0·1	24·28	0·2	ich
		49·32	28·53	0·15	—	—	Dr. Fleischl
5	33·26	49·33	43·675	0·15	37·62	0·17	ich
		49·3	43·79	0·1	38·1	0·35	Dr. Fleischl
		49·14	43·95	0·12	—	—	Dr. Exner

Bei allen Ablesungen wurde derart verfahren, dass auf den Moment eingestellt wurde, in dem bei Drehung von links nach rechts eben die Interferenzstreifen verschwanden. Die Länge der angewandten Röhre betrug 220 Mm.; berechnet man hiernach aus den Zahlen der Tabelle das specifische Drehungsvermögen, so erhält man als Mittel bei Anwendung des gelben Lichtes der Natronflamme 66·064, als Mittel bei vorgesetztem rothen Glas 56·75.

Setzt man den der Natronflamme entsprechenden Werth gleich 1, so ergibt sich zwischen beiden das Verhältniss

$$1 : 0{\cdot}86$$

oder

$$30 : 25{\cdot}8$$

also ein Werth, der noch mehr von dem üblichen Reductionsfactor abweicht. Ich lege übrigens wegen des eben erwähnten Ubel-

standes, welchen das Poraristrobometer beim Arbeiten mit dem rothen Glase zeigte, mehr Werth auf das Resultat, welches mit dem Mitscherlich'schen Saccharometer erzielt wurde. Der Wahrscheinlichkeit nach würde man sich, wenn alle rothen Überfanggläser gleich wären, am besten des einen oder des anderen Reductionsfactors bedienen, je nachdem man die Drehung für rothes Licht mit dem Mitscherlich'schen oder mit dem Wild'schen Instrumente bestimmt hat.

Es muss aber bemerkt werden, dass Abweichungen, wie sie zwischen meinem Befunde und dem üblichen Factor bestehen, von der Tiefe der Färbung des angewendeten Glases abhängen können, denn wenn auch alle diese Gläser durch die Gleichheit des Färbemittels qualitativ dasselbe Spectrum geben, so lassen doch die tiefer gefärbten weniger Gelb durch als die lichten. Wenn man sich also irgend eines rothen Glases bedient, so hat man stets durch Vorversuche mit einer farblosen drehenden Flüssigkeit den Reductionsfactor für dasselbe zu bestimmen, sobald es sich um eine grössere Genauigkeit handelt.

Wie übrigens aus den Untersuchungen von Prof. Stefan hervorgeht, lassen sich die Drehungswerthe für verschiedene Spectralfarben ausdrücken durch die Gleichung

$$\varphi = R + \frac{S}{\lambda^2},$$

worin φ den Drehungswinkel, R und S Constante und λ die Wellenlänge des betreffenden Lichtes bedeuten. Es ist dieses die Gleichung, die auch schon Cauchy und Lang für die Berechnung der Drehungswinkel angewandt haben.

Broch fand durch directe Beobachtung für eine 1 Mm. dicke, senkrecht zur Achse geschnittene Quarzplatte folgende Drehungswerthe für die Fraunhofer'schen Linien

B	15·3
C	17·24
D	21·67
E	27·46
F	32·5
G	42·2.

Stefan[1] fand indirect unter anderen die Drehungswerthe für Linie

	B	*C*	*D*	*E*	*F*	*G*
	15·5	17·19	21·79	27·73	33·05	42·58
und	15·68	17·32	21·7	27·57	33·79	42·88.

Broch's Werthe lassen sich annähernd wiedergeben durch die Gleichung:

$$\varphi = -1{\cdot}581 + \frac{8{\cdot}0403}{\lambda^2 . 10^6}.$$

Beträgt die Wellenlänge in Zehntausendsteln eines Millimeters für die Fraunhofer'schen Linien

B.....	6·878
C.....	6·564
D.....	5·888
E.....	5·26
F.....	4·843
G.....	4·291
H.....	3·928

so erhält man aus der Gleichung

$$\varphi = -1{\cdot}581 + \frac{8{\cdot}0403}{\lambda^2 . 10^6}$$

die Drehungswerthe für:

B.....	15·41
C.....	17·08
D.....	21·61
E.....	27·48
F.....	32·7
G.....	42·09

Quarz und Zuckerlösungen drehen die Polarisationsebene nahezu in gleicher Art. Es ist daher erlaubt, die für Quarz gefundenen Werthe hier anzuziehen.

Mit Zugrundelegung des Verhältnisses 30 : 23 für gelbes und rothes Licht ergibt sich hieraus, wenn der Werth für gelbes

[1] Sitzb. der Wiener Akademie. Jahrg. 50, II. Abth., S. 110.

Licht 21·61 beträgt, für rothes Licht ein Werth 16·567, ein Werth, der einem Licht entspricht, welches als monochromatisch vorgestellt eine Wellenlänge von 0·0006658 Mm. hat. Bei Annahme des Verhältnisses 30 : 25·5, wie es annähernd aus den Tabellen II, IV und V resultirt, wird dagegen für rothes Glas der Werth 18·3685 erhalten, welcher einem Roth zugehört, dessen Wellenlänge 0·00063485 Mm. ist.

Biot fand bei vorgesetztem rothen Glas für eine 1 Mm. dicke Quarzplatte einen Drehungswerth 18·414. Wird dieser Werth in die obige Gleichung eingesetzt, so ist hieraus ersichtlich, dass dieses Roth einer Wellenlänge von 0·00063412 entspricht; das von mir benutzte rothe Überfangglas steht also in seiner Durchgängigkeit für Licht dem von Biot angewandten sehr nahe.

Für Rohrzucker wurde von Arndtsen[1] folgende Reihe von Drehungswerthen gefunden für die Fraunhofer'schen Linien

C	53·41
D	67·07
E	85·406
b	88·56
F	101·38
e	126·325

Werthe, die sich annähernd durch die Gleichung

$$\varphi = \frac{2538}{\lambda^2} - 5{\cdot}58$$

wiedergeben lassen, wobei zu bemerken ist, dass in dieser Gleichung die Wellenlänge in Zehntausendsteln eines Millimeters angegeben ist.

Nach dieser Gleichung entspricht der für *D* gefundene Werth 67·07 einer Wellenlänge 5·9155.

Bei der Annahme des Verhältnisses 30 : 23 für gelbes und rothes Licht erhält man, wenn 67·07 der Werth für die Natron-

---

[1] Wüllner, Experimentalphysik. Bd. II, S. 587.

flamme ist, für Roth 51·42. Ist für 67·07 die zugehörende Wellenlänge 5·9155 so ist sie für 51·42 = 6·672. Das Verhältniss beider Wellenlängen auf die von Fraunhofer mit 5·888 für Linie *D* angegebene Wellenlänge bezogen, ergibt

5·888 : 6·65

ein fast gleiches Verhältniss, wie es schon oben gefunden wurde.

Wird für gelbes und rothes Licht das Verhältniss 30 : 25·5 zu Grunde gelegt, so erhält man für Roth den Werth 57·0. Bezieht sich der Werth 67·07 auf eine Wellenlänge von 5·9155, so bezieht sich der von 57 auf eine Wellenlänge von 6·37 zehntausendstel Millimeter. Auf eine Wellenlänge von 5·888 bezogen, lässt sich letzteres Verhältniss auch wiedergeben in

5·888 : 6·34.

Letzterer Werth stimmt gleichfalls mit dem schon oben gefundenen nahezu überein.

Bei einer Annahme des Verhältnisses 30 : 23 entspricht der Werth für Roth einem Roth, das zwischen *B* und *C* liegt und zwar näher an *B* — bei der Annahme des Verhältnisses 30 : 25·5 einem Roth, das zwischen *C* und *D* liegt und zwar näher an *C*, ungefähr bei 783 nach Kirchhoff.

Ist der bei Einstellung auf Teinte de passage gefundene Werth nicht, wie angegeben wird, dem für das Gelb der Natronflamme, auf Dunkel eingestellt, gefundenen gleichzusetzen, so fragt es sich: Mit welcher Spectralfarbe gibt die Teinte de passage gleiche Drehung?

Wenn man das monochromatische Complement der Teinte de passage aufsucht aus dem Werthe, welchen ich gefunden habe, so findet man ein Licht, dessen Wellenlänge sich zu dem für Linie *D* verhält, wie 5·77 : 5·888, ein Licht, dessen Stelle im Spectrum ungefähr in die Region der grössten Helligkeit fällt, oder genauer gesagt im Gelb liegt beiläufig bei 1100[1], zwischen Linie *D* und der Stelle der grössten Lichtintensität. Man erhält diesen Werth gleichfalls mit Zuhilfenahme der Stefan'schen Gleichung.

---

[1] Ditscheiner, Sitzb. der Wiener Akademie. Jahrg. 52, II. Abth., S. 295.

Für die Teinte de passage wurde ein Werth gefunden, der 1·04 mal grösser war, als der für das gelbe Licht der Natronflamme erhaltene.

Beträgt also der Drehungswerth für Linie *D* nach Arndtsen für Rohrzucker 67·07, so würde sich für Teinte de passage hiernach der 1·04mal grössere Werth 69·75 ergeben. Diesen Werth in die Gleichung

$$\varphi = -5{\cdot}58 + \frac{2538}{\lambda^2}$$

eingesetzt, erhält man $\lambda = 5{\cdot}803$. Den Werth 67·07 in die Gleichung gesetzt, erhält man $\lambda = 5{\cdot}9155$. Will man das Verhältniss auf die Wellenlänge 5·888 reduciren, so ergibt sich

$$5{\cdot}888 : 5{\cdot}77.$$

In gleicher Weise kann man die Stefan'sche Gleichung für die Drehungswinkel des Quarzes zu Hilfe nehmen.

Ist hier die Drehung für die Linie *D* bei einer Wellenlänge von 5·888 zehntausendstel Millimeter 21·61, so entspricht der 1·04mal grössere Werth bei Einstellung auf Teinte de passage einer Wellenlänge von 5·78.

Hatte man aus dem oben angeführten Grunde in Tabelle II die von mir bei Einstellung auf Teinte de passage gefundenen Werthe ausgeschaltet, so erhielt man zwischen den Werthen, die sich auf Natronlicht und Übergangsfarbe bezogen, das Verhältniss 1 : 1·049. Wird dieses Verhältniss zu Grunde gelegt, so kann der für Teinte de passage gefundene Drehungswerth gleich gesetzt werden einem solchen, den man erhalten würde bei Einstellung auf Dunkel, unter Anwendung eines monochromatischen Lichtes von 5·754 zehntausendstel Millimeter Wellenlänge.

Wie man sieht, fällt im letzteren Falle dieses Licht im Spectrum noch näher an die Stelle der grössten Lichtintensität.

Eine andere Frage, die entschieden werden musste, war die, in wiefern sich die Werthe beim Arbeiten mit gemischtem Lichte, also mit Benutzung der Teinte de passage ändern, wenn die Flüssigkeit mehr oder weniger gefärbt ist; ich habe die Untersuchung hierüber bis jetzt nur mit specieller Rücksicht auf den Urin angestellt.

Man muss sich hier zunächst gegenwärtig halten, dass selbst bei den schwach gefärbten Urinen eine Teinte de passage im gewöhnlichen Sinn des Wortes nicht mehr existirt, sondern dass man im allgemeinen darauf angewiesen ist, auf die dunkelste Schattirung einzustellen, welche man findet. Da aber die Farben zu beiden Seiten derselben keineswegs identisch sind, und das Urtheil über Helligkeit und Dunkelheit bekanntlich merklich unsicher wird, wenn man mit verschiedenen Farben zu thun hat, so hat das Einstellen beim gemischten Lichte, sobald der Urin nur einigermassen gefärbt ist, stets eine gewisse Unsicherheit, und doch ist es gut, sich damit vertraut zu machen, weil man des unveränderten Zuckergehalts des Urins nicht mehr sicher ist, wenn man ihn künstlich entfärbt hat. Wo man über Gas und Bunsen'sche Brenner disponirt, wird man freilich in vielen Fällen die Schwierigkeit dadurch umgehen, dass man das Licht der Natronflamme anwendet; indessen wird man dasselbe schon unter diesen Umständen nicht stark genug finden, wenn es sich um tief gefärbte Urine handelt. Wo man nicht über Gas disponirt und auf die Flamme einer Spirituslampe angewiesen ist, deren Docht mit Kochsalz eingerieben ist, tritt dieser Übelstand noch viel störender hervor.

Bei den Arbeiten mit mehr oder weniger tiefgefärbten Urinen schlug ich folgenden Gang ein. Zunächst musste constatirt werden, nachdem der Urin filtrirt, dass derselbe auch frei war von drehenden Substanzen. Im Falle der Nichtbeachtung dieses Umstandes könnte man begreiflicherweise Ablesungswerthe erhalten, deren Grösse nicht allein von der bekannten, in der Lösung enthaltenen Zuckermenge abhing, sondern im Verhältniss zu der Zuckermenge zu gross oder zu klein ausfiel, je nachdem im Lösungsmittel schon von vornherein rechts- respective linksdrehende Substanzen enthalten waren.

Weiters verschaffte ich mir das Spectrum einer stark leuchtenden Gasflamme und brachte dann zwischen Flamme und Prisma eine Schichte des zur Untersuchung bestimmten Urins. In dem Mitscherlich'schen Apparat beträgt die Länge der zwischen die Nicols eingeschobenen Lösungsschichte zwei Decimeter; um die Verhältnisse möglichst gleich zu machen, brachte ich diese mit Urin gefüllte Röhre zwischen Lampe und Prisma

und sah so aus den Veränderungen, welche dadurch das Spectrum erlitt, welche Farben durch die zwei Decimeter dicke Schichte des in Frage stehenden Urins durchgelassen wurden. Hierbei zeigt sich auch bei nur sehr schwach gefärbten Urinen eine wesentliche Verkürzung des Spectrums nach dem Violett.

Indem ich mir über dem Spectrum der Gasflamme ein gleich grosses, dem Tageslicht angehörendes, Spectrum verschaffte, war es mir möglich, genau anzugeben, bis wie weit die Verkürzung reichte.

Die Farbe des zuerst untersuchten Urins war dunkel gelbroth. Der Urin war frei von drehender Substanz. Mittelst desselben wurde eine Lösung von der Concentration bereitet, dass in 110·62 CCm. 18·584 Grm. Zucker enthalten waren. Wollte man jetzt mit dem Licht der Gaslampe auf Teinte de passage einstellen, so zeigte es sich, dass von Farben nichts zu sehen war. Bei einer bestimmten Stellung der Nicols erhielt man am wenigsten Licht; und es war die einzige Möglichkeit, auf diese Stelle der geringsten Helligkeit einzustellen.

Geschah dieses, so wurden folgende Werthe erhalten:

Bestimmung des Nullpunktes	Abgelesener Werth	Grösste Differenz innerhalb einer Reihe von 10 Ablesungen	Grösse der Drehung	Beobachter
— 6·08°	12·57°	1°	18·65°	Prof. v. Brücke
— 6	12·32	0·3	18·32	Dr. Exner
— 5·9	12·62	0·8	18·52	ich

Berechnet man aus diesen Zahlen das specifische Drehungsvermögen, so erhält man

55·5 (Brücke)
54·52 (Exner)
55·12 (ich).

Wie man sieht, sind das Werthe, die nahezu vollständig mit den für rothes Glas in Tabelle II gefundenen übereinstimmen.

Daraus dürfte folgen, dass, wenn man das rothe Glas vorsetzt, man die gleichen Werthe erhält. Geschieht dies, so stellen sich aber der Einstellung Schwierigkeiten in den Weg. Lässt schon der tief gefärbte Urin wenig Licht durch, so wird jetzt noch weiters die Lichtintensität durch das vorgesetzte rothe Glas vermindert. In Folge dessen sieht man jetzt bei Drehung innerhalb der Grenzen einiger Grade dunkel. Diese Grenzen liegen im gegebenen Falle ungefähr bei 16° und 20°, der bei weissem Licht gefundene Werth fällt also nahezu in die Mitte der bei rothem Glas gefundenen Grenzwerthe.

Die Einstellung bei dem gelben Licht der Natronflamme war noch schwieriger, fast unmöglich.

Die Farbe eines zweiten Urins war ein sehr helles Gelb. Nachdem derselbe filtrirt und geprüft war, dass er rein von drehenden Substanzen, bereitete ich mir mit ihm eine Lösung, in der 18·87 Grm. Zucker in 110·54 CC. Lösung enthalten sind. Arbeitete man mit dem Licht der Gaslampe, so zeigten sich zwar bei verschiedener Stellung der Nicols verschiedene Farben, aber auf eine eigentliche Teinte de passage, mit den dieser zukommenden Eigenschaften war nicht einzustellen. Auch hier zeigte sich bei einer bestimmten Drehung eine Stelle geringster Helligkeit. Stellte man auf diese ein, so erhielt man folgende Drehungswerthe:

Beobachter	Grösse der Drehung, in Graden ausgedrückt	Grösste Differenz innerhalb einer Reihe von 10 Ablesungen
Prof. v. Brücke	22·94	0·5
ich	22·28	0·5

Aus diesen Zahlen ergibt sich das specifische Drehungsvermögen 66·22.

Arbeitete man bei diesem Urin mit dem gelben Lichte der Natronflamme, und stellte man auf Dunkel ein, so erhielt man nahezu gleiche Werthe, nämlich

22·9° (Herr Prof. v. Brücke)
22·17° (ich);

hieraus ergibt sich für das specifische Drehungsvermögen

65·86

Wurde bei dem ersten Urin, dessen Farbe rothgelb war, bei Gaslicht ein Werth gefunden, der dem rothen Glase entspricht, so wurde jetzt bei dem gelben Urin bei Arbeiten mit Gaslicht ein Werth gefunden, der dem der Natronflamme entsprechenden sehr nahe steht.

Unter diesen Umständen lag es nahe, zu sehen, welche Farben vom Licht der Gaslampe durch die 200 Mm. lange Schichte gefärbten Urins noch durchgelassen werden. Es geschah dies auf die schon erwähnte Art, und wurde in solcher Weise der zweit untersuchte Urin in einer Schichte von 200 Mm. zwischen Lampe und Prisma gebracht, so ergab sich selbst bei diesem so sehr hellen Urin eine Verkürzung des Spectrums bis zur Linie *b*. Bis hierhin waren die Farben des Spectrums deutlich.

Es versteht sich von selbst, dass ich den Versuchen dieser Art nur einen relativen Werth zuschreibe, denn bei grösserer Lichtstärke würde die Verkürzung des Spectrums ohne Zweifel geringer gewesen sein.

Ein dritter Urin ist gelbroth; auch er ist frei von drehenden Substanzen. Bringt man von ihm eine Schichte von 40 Mm. Dicke zwischen Lampe und Prisma, so erscheint das Spectrum bis zur Linie *F* verkürzt, bei einer solchen von 200 Mm. Dicke sieht man nur noch das Roth des Spectrums und anschliessend an dieses noch eine hellere Partie, deren Farbe mir aber nicht Gelb, sondern eher Grün erscheint, offenbar in Folge der Contrastwirkung und der Schwäche des Lichtes.

Nach diesem Befunde konnte man sich schon a priori construiren, was bei der Einstellung mit Gaslicht zu erwarten war.

Und so war es denn auch hier wieder nur möglich, auf eine Stelle geringster Helligkeit einzustellen; von dieser Stelle ausgehend, wurde bei Drehung nach rechts das Gesichtsfeld röthlich, bei Drehung nach links wurde es heller, zeigte aber keine deutliche Farbe.

Wurde so eingestellt, dass die dunkelste Stelle in die Mitte des Gesichtsfeldes kam, so wurden folgende Zahlen erhalten:

18·76° } (Herr Dr. Exner)
17·99 }
18·9 (ich).

In 110·54 CC. Lösung waren 17·64 Grm. Zucker enthalten.

Berechnet man hiernach aus den gefundenen Zahlen das specifische Drehungsvermögen, so erhält man

58·1°.

Herr Prof. v. Brücke stellte auf Verdrängung des Roth ein und erhielt als Mittel einer grösseren Anzahl Ablesungen

17·84°.

Aus dieser Zahl ergibt sich eine Moleculardrehung von

55·83°.

Wurde das rothe Glas vorgesetzt, so wurde allerdings die Schwierigkeit des Einstellens bedeutend grösser, doch war immerhin noch leidlich genau einzustellen, da die Farbe des jetzt in Betracht kommenden Urins nicht so tief war, wie die des zuerst untersuchten.

Es wurden hier folgende Werthe erhalten:

17·45° (Prof. v. Brücke)
17·14 } (Dr. Exner)
17·46 }
17·61 (ich).

Als Mittel erhalten wir hieraus für das specifische Drehungsvermögen

54·71°.

Der bei weissem Licht gefundene Werth liegt also dem für Roth gefundenen nahe.

Mit dem gelben Lichte der Natronflamme war es nicht möglich einzustellen, weil die Flüssigkeit davon zu wenig hindurchliess.

Die Farbe eines vierten Urins ist hellgelb. Derselbe ist frei von drehenden Substanzen; eine 200 Mm. dicke Schichte lässt

Roth, Gelb, Grün und auch noch etwas Blau durch. Wird Gaslicht benutzt, so sieht man Farben und kommt bei einer bestimmten Drehung an eine Stelle geringster Helligkeit, nach links von dieser Stelle erscheint Roth, nach rechts wird das Gesichtsfeld heller und zeigt einen leichten grünlichen Schein. Stellt man auf diese dunkelste Stelle ein, so werden beim weissen Licht folgende Werthe erhalten:

24·58° (Herr Dr. Exner)
24·3 (ich);

bei dem gelben Lichte der Natronflamme

24·65° (Herr Dr. Exner)
24·7 (ich);

bei vorgesetztem rothen Glas

21·05° (Herr Dr. Exner)
21·4 (ich).

In der Lösung waren in 110·54 CC. 21·22 Grm. Zucker enthalten.

Berechnet man hiernach aus den gefundenen Werthen das specifische Drehungsvermögen, so ergeben sich für dieses die Werthe:

Für Einstellung bei Gaslicht

63·65°.

Für Einstellung bei dem gelben Licht der Natronflamme

64·26°.

Für Einstellung mit rothem Licht

55·28°.

Ein fünfter Urin war gelb; wurde eine 200 Mm. dicke Schichte deselben zwischen Lampe und Prisma gesetzt, erschien das Spectrum der Flamme von Linie *b* an verkürzt.

Ein sechster war rothgelb. Eine 200 Mm. dicke Schichte desselben liess nur Roth durch; anschliessend an das Roth des Spectrums zeigte sich bis über Linie *D* hinaus noch etwas Hell: aber nicht Gelb, sondern eher Grün war die Farbe dieser noch

hellen Partie des Spectrums, ähnlich wie in dem oben erwähnten Falle.

Bei dem Versuch, mit Gaslicht zu arbeiten, zeigt sich bei dem fünften Urin ein ganz analoges Verhalten wie bei den beiden anderen hellgelben Urinen. Die Werthe, die in diesem Falle erhalten werden, kommen nahezu überein mit den bei Natronflamme gefundenen.

In gleicher Weise stimmen die Werthe, die bei Benützung Gaslichtes bei dem rothgelben Urin gefunden wurden, überein mit den für rothes Glas in Tabelle II gefundenen. Mit vorgesetztem rothen Glas zu arbeiten, war sehr schwierig, die Einstellung mit dem gelben Licht der Natronflamme unmöglich.

Bei diesem letzten Urin war wie bei dem ersten bei keiner Drehung etwas von verschiedenen Farben zu sehen.

Dass es so schwierig, selbst unmöglich war, bei tief gefärbten Urinen zu arbeiten, wenn das rothe Glas vorgesetzt war, hatte seinen Grund darin, dass die schon an und für sich geringe Lichtmenge, die durch die 200 Mm. dicke Schichte gefärbter Flüssigkeit durchgelassen wurde, durch das vorgesetzte Glas eine weitere nicht unbeträchtliche Einbusse an Intensität erlitt. War nur das Licht, das benützt wurde, hinlänglich intensiv, so musste es schon möglich sein, auch bei vorgesetztem rothen Glas einzustellen.

Dass dem so sei, davon überzeugte ich mich, nachdem ich mir mittelst der Harnecker'schen Lampe ein sehr intensives Licht verschafft hatte. Jetzt konnte ich auch, wenn dem tiefgefärbten Urin das rothe Glas vorgesetzt wurde, genau einstellen.

Natürlich kann statt der Harnecker'schen Lampe auch jede andere Quelle intensiven Lichtes angewendet werden; sie muss nur reichlich rothes Licht ausstrahlen.

Wenn man also über die nöthigen Hilfsmittel gebietet, so kann das Entfärben mittelst Kohle oder gar mittelst essigsauren Bleis immer vermieden werden und muss vermieden werden. Urine, welche man noch bei Natronlicht gut untersuchen kann, untersucht man bei diesem, stärker gefärbte mit dem rothen Glase und intensiver Beleuchtung. Sehr stark gefärbte geben, wie oben erwähnt, auch ohne rothes Glas denselben Werth wie mit demselben.

Da ich bei Gelegenheit dieser Arbeit eine ganze Reihe von Bestimmungen an sorgfältig titrirten Rohrzuckerlösungen gemacht habe, so mag es mir schliesslich erlaubt sein, den von mir gefundenen Werth für das specifische Drehungsvermögen des Rohrzuckers mit den anderweitig für denselben angegebenen Zahlen zu vergleichen, ohne dass ich desshalb meiner Zahl mehr Werth beilegen möchte.

Für die Ermittelung dieser Zahl verwerthe ich nicht meine sämmtlichen Versuchsreihen, denn, da es der Natur der Sache nach nur bei einigen von ihnen nothwendig war, Lösungen von genau bekanntem Procentgehalt zu haben, so wurden solche auch nur für diese dargestellt. Zu diesem Zwecke bestimmte ich den Inhalt eines kleinen Kolbens mit dünnem Halse bis zu einer auf dem letzteren angebrachten Marke. Dies geschah einmal dadurch, dass ich aus einer Quetschhahnbürette den Kolben bis zur Marke füllte und so den Inhalt desselben volumetrisch bestimmte. Ich erhielt dabei die Zahl 110·35 CC. Jetzt wog ich den Kolben mit seinem Inhalt, leerte ihn aus, trocknete und wog ihn wieder. Der Inhalt an destillirtem Wasser ergab das Nettogewicht 110·364 Grm. Durch die nothwendige Temperaturreduction ändert sich aber dieser Werth für den Rauminhalt in 110·54. Da ich diesen letzteren Werth für den genaueren halten muss, so habe ich ihn bei der Berechnung des specifischen Drehungsvermögens zu Grunde gelegt.

Hatte ich auf diese Weise in dem Kolben, dessen Capacität genau bestimmt war, ein zuverlässiges Mass, so musste, um genauer Lösungen sicher zu sein, auf die Bereitung dieser die grösste Sorgfalt verwendet werden. Der verwendete Zucker war heller, krystallisirter Candiszucker. Derselbe wurde gepulvert und dann längere Zeit im Luftbad bei 100—110° C. getrocknet. War dies geschehen, so wurde er in ein Reagenzrohr gefüllt und gewogen. Das offene Ende des Reagenzrohres war in einen dünnen Hals ausgezogen, wodurch es möglich war, das mit Zucker gefüllte Glasrohr in den Hals des Kolbens einzuführen. Auf diese Weise war kaum ein merklicher Verlust möglich. War durch leichtes Anklopfen der Inhalt der Glasröhre in den Kolben gebracht, so wurde die Röhre abermals gewogen.

Der Zucker wurde in destillirtem Wasser oder im vorher filtrirten Urin gelöst, die genaue Füllung des Kolbens bis zur Marke geschah mit Hilfe der Bürette. Mit jeder derartig bereiteten Lösung wurden nur an einem Tage Bestimmungen gemacht.

Auf die Temperatur wurde nicht besonders geachtet, da für Rohrzuckerlösungen die Temperatur ohne Einfluss auf die Drehung sein soll; übrigens kann bemerkt werden, dass die Bestimmungen sämmtlich in einem Zimmer angestellt sind, das täglich auf 18—19° C. geheizt wurde.

Die Werthe in Tabelle I und IV wurden bei Lösungen erhalten, die nicht in dieser Weise sorgfältig bereitet, sondern durch Auffüllen in graduirten Messgläsern dargestellt waren. Ich unterlasse es daher, aus den in diesen Tabellen enthaltenen Zahlen das specifische Drehungsvermögen zu berechnen.

Wie man aus Tabelle II sieht, wurde mit dem Mitscherlich'schen Saccharometer für das gelbe Licht der Natronflamme der Werth 65·53 gefunden, mit dem Wild'schen Polaristrobometer, wie aus Tabelle V ersichtlich, der Werth 66·064.

Letzterer Zahl ist natürlich mehr Bedeutung beizulegen als der mit dem Mitscherlich'schen Saccharometer gefundenen, wegen der so sehr viel grösseren Genauigkeit der Einstellung, welche das Polaristrobometer zulässt. Berechnet man aus Tabelle V, aus den einzelnen gefundenen Werthen das specifische Drehungsvermögen, so erhält man ziemlich nahe mit einander übereinstimmende Zahlen.

Clerget[1] fand, dass eine Schichte von 200 Mm. Dicke einer Zuckerlösung, welche im Cubikcentimeter 0·16471 reinen Zucker enthält, die Polarisationsebene ebenso stark drehe wie eine Quarzplatte von 1 Mm. Dicke. Daraus folgt, dass man den Drehungswinkel einer 100 Mm. dicken Quarzplatte durch 200·0·16471 dividiren muss, um das moleculare Drehungsvermögen des Zuckers zu erhalten.

Der Clerget'sche Werth wurde späterhin durch eine aus Pouillet, Schlösing, Baresville und Duboscq zusammengesetzte Commission dahin umgeändert, dass der Drehungswinkel

---

[1] Wüllner, Experimentalphysik. Bd. II, S. 588.

einer 100 Mm. dicken Quarzplatte nicht durch 32·942, sondern durch 32·7 dividirt werden müsse, um die Moleculardrehung des Zuckers zu erhalten.

Broch fand für eine 1 Mm. dicke Quarzplatte für Linie *D* den Drehungswinkel 21·67, Stefan unter anderem 21·79 und 21·71. Werden diese Werthe mit 100 multiplicirt und nach Clerget durch 32·942 dividirt, so erhält man 65·79[1] und 66·146, respective 65·9. Dividirt man durch die von der Commission festgesetzte Zahl, so erhält man 66·27 und 66·63, respective 66·39.

Das Drehungsvermögen des Quarzes kann ausgedrückt werden durch die Gleichung:

$$[\rho]\, q = 100\,\frac{\rho}{\delta} = \frac{30766}{\lambda^2} - 661.$$

Berechnet man aus dieser Gleichung das specifische Drehungsvermögen des Quarzes für Linie *D* und multiplicirt es mit der Dichtigkeit, so hat man damit den Drehungswinkel, den eine 100 Mm. dicke Quarzplatte gibt. Wird der so erhaltene Werth nach Clerget durch 32·942 dividirt, so erhält man für Zucker das Drehungsvermögen: 66·13, wenn man für Linie *D* nach Fraunhofer die Wellenlänge gleich 5·888 zehntausendstel Millimeter setzt, 65·8, wenn nach Ditscheiner $\lambda = 5{\cdot}896$ gesetzt wird, 66·02, wenn λ nach Stefan gleich 5·893 angenommen wird, 65·96,[2] wenn λ nach v. d. Willigen gleich 5·896 gesetzt wird. Dividirt man in letzterem Fall durch die von der Commission festgesetzte Zahl, so erhält man 66·44.

Wild fand mit seinem Polaristrobometer 66·417.

Mit der von Wild angegebenen Zahl stimmt nahezu vollständig das Mittel der Werthe, die Stefan[3] für Linie *D* bei

---

[1] 65·78 ist als Werth für Linie *D* nach Clerget angegeben: Mousson, Physik. Bd. II, S. 571.

[2] 65·96 wird in Wüllner als der sich aus der Clerget'schen Angabe ergebende Werth angeführt.

[3] Stefan, Sitzb. der Wiener Akademie. Jahrg. 52, II. Abth., S. 491.

vier Zuckerlösungen fand. Diese Werthe sind: 66·12; 66·75; 66·41 und 66·37. Das Mittel aus diesen Zahlen gibt

66·41.

Wie man sieht, liegt die von mir gefundene Zahl 66·064 zwischen dem nach Clerget und dem nach der Commissionszahl sich ergebenden Werthe.

Die in Poggendorf's Annalen (Jubelband 1874, S. 128) enthaltenen Untersuchungen von Boltzmann kamen erst zu meiner Kenntniss, als meine Arbeit bereits abgeschlossen war; ich habe seine Gleichung deshalb nicht mehr für meine Rechnung verwerthen können.

Zur Lehre vom Lichtsinne.

Fünfte Mittheilung.

Grundzüge einer Theorie des Lichtsinnes.

Von **Ewald Hering,**
Professor der Physiologie in Prag.

§. 25.
Vorbemerkungen.

Obwohl eine Theorie des Lichtsinnes eigentlich alle Gesichtsempfindungen zu berücksichtigen hat, will ich doch hier zunächst nur die Empfindungen des Weiss, Schwarz, und der Übergänge vom einen zum andern in Betracht ziehen, also nur die nicht farbigen oder, wie ich sie in §. 21 genannt habe, schwarzweissen Empfindungen. Später werde ich dann die Farbenempfindungen im engern Sinne einer gesonderten Erörterung unterwerfen.

Freilich mischen sich allenthalben und besonders in den Nachbildern des geschlossenen Auges die Farben mit ein, aber ich werde bei allen solchen mehr oder minder deutlich gefärbten Empfindungen von der Farbe ganz absehen und mich nur an das halten, was man als Weisslichkeit oder Schwärzlichkeit der Empfindung bezeichnen kann. Später wird sich zeigen, dass diese gesonderte Betrachtung der nicht farbigen Gesichtsempfindungen auch ihre volle theoretische Berechtigung hat.

Man hat die weisse oder farblose Lichtempfindung als eine Mischempfindung auffassen wollen, weil sie durch die gleichzeitige Einwirkung sogenannter complementärer Lichtarten auf

die Netzhaut hervorgerufen wird. Da man indessen im Weiss weder Gelb und Blau, noch Roth und Grün, noch sonst zwei complementäre Farben zugleich sieht, sondern das Weiss höchstens in Gelb oder Blau, Roth oder Grün, nie aber in zwei Complementärfarben gleichzeitig spielt, so erscheint die Bezeichnung des Weiss als einer aus Roth und Grün, oder Gelb und Blau, oder aus allen Farben zugleich gemischten Empfindung unzulässig und ist in der That nur aus der begrifflichen Vermengung der Empfindungen mit ihren physicalischen Ursachen entstanden. Auch hat nicht jeder, der das Weiss als eine gemischte Empfindung bezeichnete, damit sagen wollen, dass hier wirklich Empfindungen gemischt seien, sondern nur, dass man, um die Empfindung des Weissen zu erzeugen, Licht von verschiedener Wellenlänge mischen müsse. Diese aus der gleichzeitigen Einwirkung mehrerer Lichtarten erzeugte Empfindung kann sehr wohl als eine einfache Resultante mehrfacher physicalischer Ursachen angesehen werden.

Auch die Young-Helmholtz'sche Hypothese liesse sich nur in diesem Sinne einigermassen annehmbar finden. Denn wenn man einem Unbefangenen, und hätte er auch z. B. als Maler einen hochentwickelten Farbensinn, sagen wollte, Weiss sei eine zusammengesetzte Empfindung, in welcher man lediglich Roth, Grün und Violett und zwar alle drei gleich stark empfinde, so würde er mit einem ungläubigen Kopfschütteln, oder wenn er vor der Zuverlässigkeit der Wissenschaft keine besondere Hochachtung fühlte, mit einem Lächeln antworten. Dass in einem Dreiklange drei Töne von verschiedener Höhe enthalten sind, hört jeder, der auch nur einigermassen musikalisch geübt ist, aber aus einem und demselben Weiss das Roth, Grün und Violett herauszuempfinden, ist beim besten Willen niemand im Stande.

Für den, der ohne physicalische oder physiologische Voraussetzungen an die Untersuchung seiner Gesichtsempfindungen geht, ist Weiss eine Empfindung eigener Art, ebenso wie Schwarz, Roth, Grün, Gelb und Blau. Es kann dem Weiss von der einen oder andern, oder auch von mehreren der letztgenannten Empfindungen etwas beigemischt sein, es kann in Folge dessen an dieselben mehr oder minder deutlich erinnern; aber wenn wir uns

diese beigemischten Spuren anderer Empfindungen wegdenken, so bleibt eine Empfindung von ganz eigenartiger, reiner Qualität zurück, welche durchaus den Eindruck des Einfachen macht und welche als etwas Zusammengesetztes aufzufassen der Unbefangene gar keine Veranlassung findet. Ganz dasselbe gilt aber auch von der Empfindung des Schwarzen.

Da sich der Physiolog alle Empfindungen als bedingt und getragen von physischen Processen des Nervensystems denken muss, weil sonst jede weitere physiologische Untersuchung zwecklos wäre, so muss er auch sogenannte psychophysische Processe oder Bewegungen annehmen, welche den Empfindungen des Schwarzen, des Weissen und aller Uebergänge zwischen beiden entsprechen. In welchem Theile des Nervensystems diese psychophysischen Processe localisirt zu denken sind, lässt sich noch nicht sagen. Genug, es muss irgendwo im nervösen Apparate des Auges und den damit in functioneller Beziehung stehenden Hirntheilen die Substanz gesucht werden, mit deren Veränderung oder Bewegung die Empfindung verknüpft ist. Diese Substanz könnten wir als die psychophysische Substanz des Sehorganes beziehentlich des Gehirns bezeichnen. Kürzer wird es sein, sie als Sehsubstanz zu benennen, weil die Gesichtsempfindungen an sie gebunden und unmittelbar durch sie gegeben sind. Ob diese Sehsubstanz nur im Gehirn oder zugleich im Sehnerven und in der Netzhaut, und in welchen histologischen Bestandtheilen derselben sie zu suchen ist, dies alles bleibt vorerst dahingestellt.

Es ist ersichtlich, dass wir aus der Art und dem Verlaufe unserer Gesichtsempfindungen zunächst nur Schlüsse machen können auf den Verlauf der psychophysischen Processe, welche in der Sehsubstanz ablaufen; denn mit diesen sind die Empfindungen unmittelbar und gesetzmässig verknüpft zu denken. Können wir auf diese Weise die Gesetze des psychophysischen Geschehens in der Sehsubstanz bis zu einem gewissen Grade feststellen, so ist es dann erst an der Zeit, die Gesetze des functionellen Zusammenhanges zwischen jenen psychophysischen Processen und den Aetherschwingungen zu suchen. Der umgekehrte Weg, welcher von den Aetherschwingungen ausgeht, hat bis jetzt, so weit es sich nicht blos um die Schicksale der Licht-

strahlen in den optischen Medien, also lediglich um eine Application der physicalischen Optik aufs Auge handelte, noch zu keinem Ergebnisse geführt; wir wissen gar nicht, was weiter geschieht, wenn einmal die Lichtwellen in die Netzhaut eingedrungen sind. Dagegen haben wir allerdings durch zahlreiche physicalische Untersuchungen die werthvollsten Aufschlüsse über die Beziehungen zwischen Ätherschwingungen und Lichtempfindungen erhalten. Aber hierbei wurden, und zwar vorerst ganz zweckmässigerweise, alle physiologischen Mittelglieder und insbesondere die psychophysischen Processe einfach übersprungen.

Nur die psychophysischen Untersuchungen, insbesondere Fechner's, nehmen eingehendere Rücksicht auf die physiologischen Zwischenglieder, besonders insofern als Fechner ein Gesetz der functionellen Beziehung zwischen der psychophysischen Bewegung und der sogenannten Intensität der Empfindungen aufstellte, das nach ihm benannte psychophysische Gesetz, dessen Giltigkeit ich aber nicht blos für den Gesichtssinn, sondern für alle Sinnesgebiete bestreiten muss.

§. 26.

Vom Wesen der psychophysischen Processe.

Wenn man sich von der Natur der psychophysischen Processe eine Vorstellung machen will, so hat man von vornherein die Wahl zwischen solchen innern Bewegungen der psychophysichen oder kurzweg psychischen Substanz, welche ohne Änderung der chemischen Zusammensetzung ablaufen, und solchen Bewegungen, welche sich zugleich als Änderungen der chemischen Zusammensetzung darstellen. Der Physiolog der Gegenwart kann jedoch nicht mehr in Zweifel sein, wofür er sich zu entscheiden hat. Denn die allgemeine Nervenphysiologie hat hinreichend erwiesen, dass jede Bewegung oder Thätigkeit der nervösen Substanz dieselbe zugleich chemisch alterirt, und auf die Annahme chemischer Änderungen stützen sich alle unsere Vorstellungen von der Erregbarkeitsänderung, Ermüdung und Wiedererholung nach der Thätigkeit.

Wie Du Bois-Reymond eine rein physicalische Hypothese über die Vorgänge in der Nervenfaser aufstellen konnte, wird

dadurch begreiflich, dass er im Grunde nur auf die Erklärung dessen ausging, was ihm der Multiplicator über die Vorgänge im Nerven aussagte. Hätte er für die Veränderungen des Nerven ein so feines chemisches Reagens gehabt, wie er im Multiplicator ein electrisches besass, so hätte er eben eine chemische Hypothese gemacht. Einen triftigen Einwand gegen meine Behauptung, dass sich nach unseren jetzigen Kenntnissen die Thätigkeit der psychophysischen Substanz nicht gut ohne gleichzeitige chemische Änderungen denken lässt, bildet die Hypothese Du Bois-Reymond's jedenfalls nicht.

Auch die in Fechner's Psychophysik entwickelte Hypothese, nach welcher alle psychophysischen Processe als oscillatorische Bewegungen einer nicht genauer zu bezeichnenden wägbaren oder unwägbaren Substanz aufgefasst werden, darf nicht gegen obige Behauptung angeführt werden. Denn erstens steht diese Hypothese der ganzen Natur der Sache nach bis jetzt nur auf einer schmalen empirischen Basis, und zweitens lässt dieselbe, obwohl sie eine rein mechanische ist, doch den chemischen Processen ihre Bedeutung für das psychische Geschehen und nimmt dieselben gleichsam mit in sich auf.

Wie man sich auch zu diesen Fragen stellen mag, soviel ist sicher, dass das fortwährende Vorhandensein chemischer Processe in jeder lebendigen und daher reizbaren Substanz eine Thatsache, und der Stoffwechsel die allgemeinste uns bekannte Eigenschaft des Lebendigen ist.

Dies zum Nachweise der principiellen Berechtigung der folgenden Theorie, welche zunächst an das chemische Geschehen in der Nervensubstanz anknüpft. Eine bestimmte Ansicht darüber, ob wir in diesem chemischen Geschehen wirklich die eigentliche psychophysische Bewegung erfassen, oder ob sich noch ein Mittelglied zwischen diese und die Empfindung gleichsam einschiebt, will ich für diesmal nicht ausgesprochen haben. Auch wollte ich mit dieser kurzen Auseinandersetzung durchaus nicht eine eigentliche Untersuchung der schwierigen Frage nach der Natur der psychophysischen Bewegung geben, sondern nur zeigen, dass der Physiolog volles Recht hat, das Leben der Nervensubstanz zunächst als ein chemisches aufzufassen, und ebenso das der psychophysischen Substanz, welche ja, wenn

man nicht ein neues, völlig unbekanntes Mittelglied einschieben will, ganz oder theilweise mit der psychophysischen Substanz identificirt werden muss.

§. 27.

Die Gesichtsempfindung als psychisches Correlat der chemischen Vorgänge in der Sehsubstanz.

Dass das Licht im nervösen Apparate des Sehorganes chemische Veränderungen erzeugt, dürfte nach dem Gesagten wohl nicht bestritten werden. Was man Ermüdung und überhaupt Erregbarkeitsveränderung dieses Apparates nennt, beruht ja nach der allgemeinen Ansicht hier wie überall auf chemischer Veränderung der erregbaren Substanz. Selbst Fechner, welcher die von den Physikern Herschel, Melloni und Sebeck für die Erregung der Netzhaut durch Licht aufgestellte Resonanztheorie weiter zu entwickeln suchte, sah sich veranlasst, der chemischen Einwirkungen des Lichtes auf die Nervensubstanz zu gedenken und sie mit einzurechnen.[1]

Die durch das Licht im Sehorgane erweckten chemischen Vorgänge dachte man sich zunächst in der Netzhaut localisirt. Wenn aber gewisse Hirntheile an der Herstellung der Gesichtsempfindungen und -vorstellungen mit betheiligt sind, so müssen jene chemischen Vorgänge der Netzhaut ihrerseits wieder in der Substanz des Sehnerven chemische Änderungen hervorrufen, und diese wieder in der Hirnsubstanz. Weil wir aber, wie schon gesagt, nicht wissen, ob wir die ganze nervöse Substanz des Sehorganes, oder nur einen Theil derselben, und letztern Falls, welchen Theil wir als die eigentliche psychophysische Sehsubstanz anzusehen haben, so müssen wir uns vorerst mit der allgemeinen Annahme begnügen, dass die Ätherschwingungen im nervösen Sehapparate überhaupt chemische Änderungen auslösen, welche, mag die Kette dieser chemischen Processe lang oder kurz, aus gleichartigen oder ungleichartigen Gliedern zusammengesetzt sein, schliesslich zur Empfindung führen.

---

[1] Psychophysik, II. Theil, S. 283.

Was man sich übrigens auch zeither für Vorstellungen über Art und Ort der im Sehorgane ablaufenden Processe machte, ein Mangel war allen gemeinsam: immer dachte man sich nur die Empfindungen des Hellen oder Weissen — von der Farbe will ich, wie gesagt, ganz absehen — als bedingt und getragen von gewissen Änderungen der Sehsubstanz; die Empfindung des Dunklen oder Schwarzen wurde in Betreff ihres physiologischen oder psychophysischen Correlates ganz vernachlässigt. Wie dies kam, und zu welchen Widersprüchen überhaupt die einseitige Berücksichtigung der Helligkeitsempfindung führte, habe ich in meiner vorigen Mittheilung (§§. 21—23) ausführlicher auseinandergesetzt. Die dort entwickelten Thatsachen zwingen uns nunmehr, dieses einseitige Verhalten bei der Untersuchung der Gesichtsempfindungen aufzugeben, und beiden Hauptvariablen der Gesichtsempfindung, dem Dunklen oder Schwarzen ebensowohl wie dem Hellen oder Weissen, die gleiche Berücksichtigung zu schenken.

Ich habe in §. 21 dargelegt, wie alle Empfindungen der schwarzweissen Empfindungsreihe in zweifacher Weise untereinander verwandt erscheinen, zweierlei Momente gemeinsam haben, nämlich die Helligkeits- und die Dunkelheitsempfindung, das Schwarz und das Weiss; und wie ferner jedes Glied dieser Empfindungsreihe sich charakterisiren lässt durch das Verhältniss, in welchem diese beiden Momente in der gegebenen Empfindung enthalten sind. Wenn wir nun nach dem physischen Correlate jener Empfindungen, nach den ihnen zu Grunde liegenden psychophysischen oder psychochemischen Processen fragen, so hat die Annahme, dass das physische Correlat der schwärzesten Empfindung nichts weiter sei, als der niederste Intensitätsgrad desselben Processes, welcher in seiner höchsten Intensität die hellste oder reinste weisse Empfindung bedingt, nicht nur nichts für sich, sondern erscheint sogar als ungemäss und widerspruchsvoll. Denn diese Annahme fordert für zwei offenbar grundverschiedene Qualitäten der Empfindung eine und dieselbe Art des psychophysischen Processes. Unsere ganze Psychophysik fusst aber auf der Annahme, dass zwischen physischem und psychischem Geschehen ein gewisser Parallelismus bestehe, und dass insbesondere verschiedenen Qualitäten der Empfindung auch ver-

schiedene Qualitäten oder Formen des psychophysischen Geschehens entsprechen.[1]

Wenn wir also nicht gleich beim ersten Schritte in dies schwierige Gebiet eine Hypothese einführen wollen, welche mit der Grundvoraussetzung der ganzen Psychophysik in einem noch ungelösten Widerspruche steht und jedenfalls für andere ganz willkürliche und theoretisch unwahrscheinliche Annahmen ein schlimmes Präcedens gibt, so müssen wir die jetzt übliche Ansicht aufgeben, und wir können dies um so leichter, als sich eine andere Hypothese bietet, welche mit der erwähnten Voraussetzung der Psychophysik durchaus im Einklange ist und zugleich den Forderungen, welche vom Standpunkte der allgemeinen Nervenphysiologie an solche Hypothesen gestellt werden dürfen, weit besser genügt, als die jetzige Theorie. Diese Annahme aber ist folgende:

---

[1] Obwohl sich dies eigentlich für jeden, der eine gesetzmässige functionelle Beziehung zwischen Psychischem und Physischem, Empfindung und Nervenprocess annimmt, von selbst verstehen sollte, ist es doch vielfach ausser Acht gelassen worden, und selbst Fechner, obwohl er von derselben Voraussetzung geleitet wird, macht doch, wie mir scheint, zu wenig Anwendung von derselben. Mach bezeichnet diese Grundvoraussetzung der ganzen Psychophysik blos als „ein heuristisches Princip der psychophysischen Forschung"; aber sie ist mehr, sie ist die conditio sine qua non aller solchen Forschung, wenn sie Früchte tragen soll. Mach bemerkt: Über d. Wirk. d. räuml. Vertheil. d. Lichtreizes auf die Netzhaut. Sitzungsber. d. Akad., 52. B., 1868): „Jedem Psychischen entspricht ein Physisches und umgekehrt. Gleichen psychischen Processen entsprechen gleiche physische, ungleichen ungleiche. Wenn ein psychischer Vorgang sich auf rein psychologischem Wege in eine Mehrheit von Qualitäten a, b, c auflösen lässt, so entsprechen diesem eine ebenso grosse Zahl verschiedener physischer Processe α, β, γ. Allen Details des Psychischen correspondiren Details des Physischen." Wenn ich davon absehe, dass hierbei keine Rücksicht darauf genommen ist, dass psychophysische Processe von sehr verschiedener Grösse dieselbe Empfindung geben können, weil es überall nicht auf die absolute Grösse dieser Processe, sondern lediglich auf ihr gegenseitiges Verhältniss ankommt (vergl. §. 29), so kann ich diesen Worten Mach's vollständig beipflichten.

Auf demselben Princip beruhte schon meine Theorie des Raumsinnes der Netzhaut. Mach ist der Einzige, welcher dem Grundgedanken derselben beigepflichtet hat.

Den beiden Qualitäten der Empfindung, welche wir als Weiss oder Hell und als Schwarz oder Dunkel bezeichnen, entsprechen zwei verschiedene Qualitäten des chemischen Geschehens in der Sehsubstanz, und den verschiedenen Verhältnissen der Deutlichkeit oder Intensität, mit welcher jene beiden Empfindungen in den einzelnen Übergängen zwischen reinem Weiss und reinem Schwarz hervortreten, oder den Verhältnissen, in welchen sie gemischt erscheinen, entsprechen dieselben Verhältnisse der Intensitäten jener beiden psychophysischen Processe.

Man wird nach einiger Ueberlegung gerne zugestehen, dass diese Annahme die einfachste überhaupt mögliche ist, weil sie die denkbar einfachste Formel für den functionellen Zusammenhang zwischen physischem und psychischem Geschehen setzt.

Aber sie genügt auch allen Anforderungen, welche die allgemeine Nervenphysiologie stellen kann. Wir müssen im nervösen Sehapparate eine Substanz annehmen, welche unter dem Einflusse des einfallenden Lichtes eine Änderung erleidet, und diese Änderung, möge sie sich physicalisch charakterisiren lassen, wie sie wolle, ist doch, wie die Nervenphysiologie annehmen muss, zugleich ein chemischer Vorgang. Hat die Einwirkung des Lichtes aufgehört, so kehrt die veränderte (mehr oder minder „ermüdete") Substanz früher oder später in ihren ursprünglichen Zustand zurück. Diese Rückkehr kann wieder nichts anderes sein, als eine chemische Änderung in entgegengesetzter Richtung. Will man die unter dem directen Einflusse des Lichtes stattfindende chemische Veränderung der erregbaren Substanz als eine partielle Consumtion auffassen, so muss man die Rückkehr zur früheren Beschaffenheit als eine Restitution bezeichnen, will man erstere als einen Spaltungsprocess, so muss man letztere als einen synthetischen Process ansehen etc.

Den letztern Process, durch welchen die lebendige organische Substanz den durch Erregung oder Thätigkeit erlittenen Verlust wieder ersetzt, pflegt man auch als Assimilirung zu bezeichnen und ich will diesen Ausdruck beibehalten. Bei der Erregung oder Thätigkeit bildet nun jede lebendige und erregbare

organische Substanz nach allgemeiner Annahme gewisse chemische Producte. Das Entstehen dieser Producte will ich analog als den Process der Dissimilirung bezeichnen.

Die soeben ausgesprochenen Sätze über Assimilirung *(A)* und Dissimilirung *(D)* der organischen Substanz sind den Erfahrungen der allgemeinen Physiologie und der Nervenphysiologie insbesondere entnommen und haben sich also ganz unabhängig von unserer Hypothese entwickelt. Ihre Richtigkeit vorausgesetzt, ist durchaus nicht einzusehen, warum blos die eine Art des chemischen Geschehens in der Sehsubstanz, nämlich der Dissimilirungsprocess, eine psychophysische Bedeutung haben soll, die andere, der Assimilirungsprocess, aber nicht. Die übliche Ansicht, dass nur der unter dem directen Einflusse des Lichtes stattfindende chemische Process, die Dissimilirung, empfunden werde, ist offenbar einseitig und ungerechtfertigt; dagegen erscheint es von vornherein angemessen, beiden Arten des chemischen Processes gleich grossen Werth für die Empfindung zuzuschreiben. Dies führt aber zu nichts anderem, als zu der oben aufgestellten Hypothese. Denn wir brauchen dieselbe nur noch dahin zu präcisiren, dass der Empfindung des Weissen oder Hellen die Dissimilirung, der Empfindung des Schwarzen oder Dunklen die Assimilirung der Sehsubstanz entspricht, und die Hypothese genügt dann, wie ich zeigen werde, nicht nur den Thatsachen der Empfindung, sondern auch den Anforderungen der allgemeinen Nervenphysiologie.

Wenn meine Hypothese richtig ist, so haben wir in den Gesichtsempfindungen ein Mittel, den Ernährungsprocess der Sehsubstanz und seine zwei Hauptfactoren, die Dissimilirung und Assimilirung, genau zu beobachten. Nicht also handelt es sich fortan nur darum, dass vom Auge dem menschlichen Geiste ein Complex von Empfindungen übergeben wird, die derselbe dann mit Hilfe richtiger und falscher Urtheile oder Schlüsse zu Vorstellungen verarbeitet, sondern was uns als Gesichtsempfindung zum Bewusstsein kommt, ist der psychische Ausdruck oder das bewusste Correlat des Stoffwechsels der Sehsubstanz.

Für diesen Stoffwechsel haben wir also ein Reagens von grosser Empfindlichkeit, nämlich unser Bewusstsein. Freilich, über die Art der chemischen Verbindungen oder Zersetzungen sagt es uns zunächst noch nichts aus, wohl aber verräth es uns den ganzen zeitlichen Verlauf der Assimilirung und Dissimilirung, das Gesetz ihrer Abhängigkeit von einander und von den Aetherschwingungen, das Steigen und Sinken der Erregbarkeit der Sehsubstanz und die Abhängigkeit dieser Erregbarkeitsänderungen von der Dissimilirung und Assimilirung. So erst wird das Capitel von den Gesichtsempfindungen zu einem wahrhaft integrirenden Abschnitte der Physiologie, während es bisher nothwendigerweise mehr physicalische und philosophische Erörterungen enthielt, als eigentlich physiologische.

Auf Grund obiger Hypothese kommen wir, wie das Folgende lehren wird, zu einer ganzen Reihe von Sätzen über Ermüdung, Erregbarkeit und Stoffwechsel der Sehsubstanz, welche mit gewissen Sätzen der allgemeinen Nervenphysiologie in Einklang stehen; wir gelangen aber auch dazu, diesen Sätzen z. Th. einen präciseren Ausdruck zu geben, sowie gewisse neue Sätze, die sich als Consequenz unserer Hypothese ergeben, auch an anderen erregbaren Substanzen zu prüfen, kurzum es erschliesst sich ein Weg zur Fortentwicklung der allgemeinen Nervenphysiologie, weiterhin der Physiologie der „erregbaren" Substanzen, und in letzter Instanz der Lehre vom organischen Leben überhaupt. Dass dieser Weg nicht unfruchtbar ist, hoffe ich in späteren Mittheilungen über verschiedene Capitel der Physiologie darzuthun.

Wir haben unsere Sinnesempfindungen so ausgiebig benützt, um unsere Aussenwelt zu erkennen und sie uns dienstbar zu machen, benützen wir sie nun auch, um das stoffliche Geschehen unseres eigenen Körpers zu erforschen, indem wir mit ihrer Hilfe zuvörderst das untersuchen, was wir nicht, wie die Aussendinge, nur mittelbar, sondern unmittelbar empfinden, nämlich den Stoffwechsel unseres Nervensystems.

§. 28.

Ableitung einiger Folgesätze.

In meiner vierten Mittheilung war ich durch eine von jeder physicalischen oder physiologischen Voraussetzung unabhängige Analyse der Gesichtsempfindungen zu dem Satze gelangt, dass jede farblose Gesichtsempfindung bestimmt ist durch das Verhältniss des in ihr sichtbaren Schwarz zum gleichzeitig darin sichtbaren Weiss, und dass durch dies Verhältniss die Qualität (Helligkeit oder Dunkelheit) jeder schwarzweissen Empfindung gegeben ist.

Wenden wir hierauf die im vorigen Paragraphen aufgestellte Hypothese an, so kommen wir zu dem weiteren Satze, dass die Art (Helligkeit oder Dunkelheit) einer farblosen Gesichtsempfindung bestimmt ist durch das Verhältniss, in welchem die Intensität oder Grösse der Dissimilirung der Sehsubstanz zur Intensität oder Grösse ihrer gleichzeitigen Assimilirung steht.

Hieraus folgt weiter, dass dem Grau, welches ich als das mittle oder neutrale bezeichnet habe, derjenige Zustand der Sehsubstanz entspricht, in welchem Dissimilirung und Assimilirung gleich gross sind, so dass die Menge der erregbaren Substanz dabei constant bleibt;

dass ferner bei jeder helleren Empfindung die Dissimilirung grösser ist als die Assimilirung, so dass dabei die erregbare Substanz abnimmt und zwar um so rascher, je grösser das Verhältniss $\frac{W}{S}$ oder je heller die Empfindung ist, und um so mehr, je länger sie andauert;

dass dagegen bei jeder Empfindung, welche dunkler ist als das mittle Grau, die Dissimilirung kleiner ist als die gleichzeitige Assimilirung, so dass dabei die erregbare Substanz zunimmt, und zwar um so rascher, je dunkler die Empfindung ist, und um so mehr, je länger sie andauert.

Was bedeutet nun die Zu- oder Abnahme der erregbaren Substanz?

Nennen wir alle Reize, welche die Dissimilirung der Sehsubstanz begünstigen, die Dissimilirungsreize oder *D*-Reize, und entlehnen wir aus der allgemeinen Physiologie den Satz, dass die Grösse der Reaction, mit welcher ein Organ auf einen Reiz antwortet, mit abhängt von der Menge der in ihm enthaltenen und vom Reize getroffenen erregbaren Substanz, so kommen wir zu dem weiteren Satze, dass die Grösse der durch einen *D*-Reiz (z. B. Licht) bedingten Dissimilirung nicht blos abhängt von der Grösse des Reizes, sondern auch von der jeweiligen Quantität der im gereizten Theile enthaltenen und vom Reize getroffenen erregbaren Substanz.

Das Vermögen einer erregbaren Substanz, durch Reize in den Zustand der Erregung zu gerathen, d. h. auf diese Reize durch bestimmte chemische Processe zu antworten, nennen wir ihre Erregbarkeit. Demnach können wir das Vermögen der Sehsubstanz, auf die *D*-Reize mit der Dissimilirung zu reagiren, als ihre *D*-Erregbarkeit bezeichnen und nun obigen Satz auch so aussprechen:

Jede Zunahme der erregbaren Substanz bedingt eine Steigerung, jede Abnahme eine Herabsetzung der *D*-Erregbarkeit im entsprechenden Theile des Sehorganes.

Daraus folgt weiter, dass die Empfindung des mittlen Grau ein Gleichbleiben, jede hellere Empfindung eine Abnahme, jede dunklere eine Zunahme der *D*-Erregbarkeit des betreffenden Theiles bedingt.

Werden gleichzeitig an zwei Stellen von zunächst gleicher *D*-Erregbarkeit Empfindungen verschiedener Helligkeit oder Dunkelheit erzeugt, so hat nach Schluss der Reizung die Stelle der helleren (minder dunklen) Empfindung immer eine kleinere *D*-Erregbarkeit als die Stelle der minder hellen (dunkleren) Empfindung, gleichviel ob eine oder beide Empfindungen heller oder dunkler waren als das neutrale

Grau; und zwar ist der zurückbleibende Unterschied der *D*-Erregbarkeit um so grösser, je grösser der Unterschied zwischen den Helligkeiten der beiden Empfindungen oder zwischen den Werthen der beiden entsprechenden Verhältnisse $\frac{W}{S + W}$ und $\frac{W^1}{S^1 + W^1}$ war.

Wie nach dem Gesagten die jeweilige Grösse der Dissimilirung abhängig ist einerseits von der Grösse des Reizes, anderseits von der Quantität der im gereizten Theile vorhandenen erregbaren Substanz, so wird man von vornherein behaupten dürfen, dass auch die Assimilirung nicht mit immer gleichbleibender Intensität stattfindet, sondern dass auch sie eine variable, von bestimmten Bedingungen abhängige Grösse hat.

Denn offenbar setzt der Process der Assimilirung voraus, dass einerseits die dazu nöthigen chemischen Bedingungen, d. h. gewisse Stoffe, anderseits gewisse physikalische Bedingungen (etwa eine gewisse Temperatur) gegeben sind. Je nachdem das, was die Assimilirung begünstigt, mehr oder weniger vorhanden ist, wird dieselbe rascher und reichlicher oder langsamer und spärlicher erfolgen. Das zur Assimilirung nöthige, im Sehorgan vorhandene, durch die Assimilirung stetig verbrauchte und vom Blute immer wieder ersetzte *A*-Material wird mehr oder weniger erschöpft werden können, sobald sein Verbrauch stärker ist, als der gleichzeitige Wiederersatz aus dem Blute. Ferner wird die Grösse der Assimilirung vielleicht auch mit abhängen von der jeweiligen Menge der assimilirenden erregbaren Substanz. Aus alledem liesse sich schon ganz theoretisch eine Reihe von Sätzen über Steigerung oder Herabsetzung des Assimilirungsvermögens oder der *A*-Erregbarkeit, über *A*-Reize im Gegensatze zu den *D*-Reizen etc. ableiten. Indessen will ich mich vorläufig nur auf solche Sätze aus der allgemeinen Nervenphysiologie beziehen, welche bereits allgemein angenommen sind, und werde nur in §. 35 auf diese Verhältnisse kurz zurückkommen, ihre ausführliche Erörterung aber für später vorbehalten.

§. 29.

Vom Gewichte der Gesichtsempfindungen.

Wenn die Helligkeit oder Dunkelheit einer farblosen Gesichtsempfindung lediglich abhängt von dem Verhältniss der Dissimilirung zur gleichzeitigen Assimilirung und also unabhängig ist von der absoluten Grösse der entsprechenden psychophysischen Processe, so fragt sich welche Bedeutung dieser absoluten Grösse zukommt.

Ohne hier näher auf diese der allgemeinen Psychophysik angehörige Frage einzugehen, will ich mich bemühen, sie in der Kürze vorläufig zu beantworten.

Die absolute Grösse eines gegebenen psychophysischen Processes bestimmt — um hier einen neuen Ausdruck einzuführen — das Gewicht der entsprechenden Empfindung. Liegen einer Empfindung, wie z. B. dem Grau, zwei gleichzeitige psychophysische Processe verschiedener Qualität zu Grunde, so gibt die Summe der Grössen beider Processe das Gewicht der resultirenden oder Mischempfindung. Die Deutlichkeit, mit welcher in einer solchen zusammengesetzten Empfindung jede einzelne relativ einfache Empfindung hervortritt, hängt ab von dem Verhältnisse, in welchem ihr eigenes Gewicht zum Gesammtgewichte der resultirenden oder zusammengesetzten Empfindung steht. So ist, wie wir sahen, die Helligkeit oder Weisslichkeit einer grauen Empfindung bestimmt durch das Verhältniss des Gewichtes der weissen Empfindung (oder der Grösse der Dissimilirung) zum Gesammtgewichte der grauen Empfindung, d. h. zur Summe der Gewichte der weissen und der schwarzen Empfindung (oder der Grössen der Dissimilirung und der Assimilirung).

Ist eine schon zusammengesetzte Empfindung, wie z. B. Grau, wieder eine Componente einer noch complicirteren Verbindung, z. B. des Graublau, so hängt die Deutlichkeit, mit welcher das Grau in dieser Empfindung hervortritt, wieder ab von dem Verhältnisse, in welchem das Gewicht der grauen Empfindung zum Gesammtgewichte der grau-blauen steht.[1] Tritt z. B. in einer

[1] Über den psychophysischen Process, welcher der blauen Empfindung entspricht, wird erst bei Erörterung des Farbensinnes zu sprechen sein.

solchen Empfindung das Blau, Weiss und Schwarz gleich deutlich hervor, so beruht dies darauf, dass die blaue, die weisse und die schwarze Empfindung gleiches Gewicht haben. Eine solche Empfindung kann man auch auffassen als bestehend aus zwei Theilen neutralen Grau und einem Theil Blau. Der Charakter oder die Qualität einer Empfindung ist also unabhängig von ihrem Gesammtgewichte, aber bestimmt durch das Verhältniss der Einzelgewichte der sie zusammensetzenden einfachen oder relativ einfachen Empfindungen, und das Gewicht einer schwarz-weissen Empfindung gewinnt demnach erst dann Bedeutung, wenn sie mit andern Gesichtsempfindungen zusammentritt oder überhaupt insofern, als ihre Beziehungen zu den gleichzeitigen anderweiten psychophysischen Processen in Betracht kommen.

Der sachkundige Leser wird aus dem Gesagten schon das allgemeine psychophysische Grundgesetz erkannt haben, von welchem ich im Gegensatze zu Fechner ausgehe. Dieses Gesetz besagt, dass die Reinheit, Deutlichkeit oder Klarheit irgend einer Empfindung oder Vorstellung abhängt von dem Verhältnisse, in welchem das Gewicht derselben, d. i. die Grösse des entsprechenden psychophysischen Processes, steht zum Gesammtgewichte aller gleichzeitig vorhandenen Empfindungen und Vorstellungen (oder wie man sonst die psychischen Zustände nennen will), d. i. zur Summe der Grössen aller entsprechenden psychophysischen Processe.

Die meisten Empfindungen, welche wir als einfache hinnehmen, sind höchst zusammengesetzt; diejenige Partialempfindung, welche das grösste Gewicht hat, gibt der Totalempfindung ihren Charakter und Namen. Sinkt der Bruchtheil, welcher vom Gesammtgewichte einer Empfindung auf eine ihrer Componenten kommt, unter einen gewissen Werth, so sind wir nicht mehr im Stande, diese Componente als solche herauszufühlen. Gleichwohl wirkt auch eine so schwache Componente an der Empfindung mit und bestimmt mit ihren Charakter, ihre Qualität. Fechner würde sagen, die Partialempfindung bleibe „unter der Schwelle". So ist jede Gesichtsempfindung, wie ich später darzuthun suchen werde, aus mehreren einfachen Empfindungen zusammengesetzt, und wenn ich hier die Empfindungen der schwarzweissen Reihe als nur binäre Empfindungen hingestellt habe, so

geschah es vorläufig im Interesse der Einfachheit der Darstellung. Im Schwarz und Weiss sind eben die gleichzeitig mit empfundenen Farben „unter der Schwelle", weil ihr relatives Gewicht zu klein ist.

§. 30.

Über den Unterschied zwischen Erregbarkeit und Empfindlichkeit.

Die allgemeine Physiologie ist auf Grund zahlreicher Erfahrungen zu dem Satze gelangt, dass die Erregung wächst mit der Grösse des Reizes, und zwar versteht sie hiebei unter Reiz immer einen *D*-Reiz und unter Erregung die Dissimilirung. Denn mit den *A*-Reizen und mit der von denselben abhängigen Assimilirung hat sich die Physiologie bis jetzt nicht eingehender beschäftigt, obwohl die Assimilirung ein Process von derselben Bedeutung ist, wie die Dissimilirung und man daher eigentlich zwei verschiedene Arten der Erregung zu unterscheiden hat.

Wenn nun die Helligkeit einer farblosen Gesichtsempfindung abhängt von dem Verhältnisse dieser beiden immer gleichzeitig in der Sehsubstanz stattfindenden Erregungen, nämlich der Dissimilirung *(D)* und der Assimilirung *(A)*, so ist ersichtlich, dass die *D*-Erregbarkeit kein Maass der Empfindlichkeit für Helligkeiten sein kann.

Gesetzten Falls die Empfindung des mittlen Grau, dessen Helligkeit nach meiner Bezeichnung (vergl. §. 22) gleich 0·5 ist, sollte derart verändert werden, dass sie um ein eben Merkliches an Helligkeit gewänne, so wäre dies, ganz theoretisch genommen, auf sehr verschiedene Weise möglich. Erstens nämlich durch Steigerung der Dissimilirung *(D)*, während *A* unverändert bleibt, zweitens durch Minderung von *A* bei unverändertem *D*, drittens dadurch, dass *D* steigt, während zugleich *A* abnimmt oder ebenfalls, aber weniger als *D*, zunimmt, viertens endlich durch Abnahme von *A* bei gleichzeitiger aber minder grosser Abnahme von *D*. In allen diesen Fällen nämlich würde das Verhältniss $\frac{D}{A}$ oder $\frac{W}{S}$ grösser werden, und daher die Helligkeit der Empfindung zunehmen.

In dem besonderen Falle, wo die Änderung der Empfindung durch äusseres Licht, also durch einen *D*-Reiz herbeigeführt wird, fallen schon einige dieser Möglichkeiten weg, weil hiebei immer eine Steigerung der Dissimilirung eintritt, und es sich daher nur noch fragt, ob dabei die Assimilirung gleich bleibt oder abnimmt, oder ebenfalls, aber schwächer als *D*, zunimmt. Je nachdem das eine oder das andere der Fall ist, wird trotz gleicher *D*-Erregbarkeit ein grösserer oder kleinerer Lichtreiz nöthig sein, um einen und denselben Helligkeitszuwachs der Empfindung herbeizuführen.

Aber selbst wenn die Assimilirung während der Zunahme der Dissimilirung ganz unverändert bliebe, würde doch ein und derselbe Zuwachs zur letzteren das eine Mal eine eben merkliche Veränderung der erwähnten mittelgrauen Empfindung bewirken können, das andere Mal nicht, und das dritte Mal eine viel stärkere Veränderung. Es wird dies nämlich mit abhängen von der absoluten Grösse der schon bestehenden Assimilirung und Dissimilirung, d. h. von dem Gewichte der anfänglichen Empfindung.

Gesetzten Falls, die der gegebenen Empfindung des neutralen Grau entsprechende *D* und *A* sei je 100, so ist das Gesammtgewicht der Empfindung gleich 200, die Helligkeit gleich 0·5. Stiege jetzt die Dissimilirung auf 101, so würde das Gesammtgewicht der Empfindung auf 201 und die Helligkeit auf $\frac{101}{101+100} = 0{\cdot}5024875\ldots$ steigen.

Wäre dagegen die anfängliche Grösse von *A* und *D* je gleich 200, und wüchse *D* ebenfalls um 1, so dass sie gleich 201 würde, so stiege die Helligkeit auf $\frac{201}{201+200} = 0{\cdot}5012468\ldots$, d. i. nur etwa um die Hälfte des vorigen Zuwachses.

Je grösser überhaupt das Gewicht der schon bestehenden Empfindung ist, ein desto grösserer *D*-Zuwachs ist, unveränderte *A* vorausgesetzt, erforderlich, um eine eben merkliche Veränderung dieser Empfindung herbeizuführen.

Wollen wir als Mass der Empfindlichkeit den kleinsten Reizzuwachs benützen, welcher eine eben merkliche Helligkeitszunahme einer gegebenen Empfindung bedingt, so haben wir also ausser der D-Erregbarkeit und der Helligkeit der Empfindung, auf welche man bisher allein Rücksicht genommen hat, auch noch das Gewicht der anfänglichen Empfindung und die etwaige gleichzeitige Änderung der Assimilirungsgrösse mit zu berücksichtigen. Dass endlich auch noch der sonstige psychophysische oder psychische Zustand in Betracht kommt, versteht sich von selbst.

§. 31.

Über den Zustand und die Empfindungen des Sehorganes nach längerem Aufenthalte im Finstern.

Da auch das durch längere Zeit vor jedem äussern Reize geschützte Sehorgan uns nicht die Empfindung eines absoluten Schwarz, sondern viel hellere Empfindungen gibt, so war man, um diese als Eigenlicht oder als innerer Lichtnebel bezeichneten Empfindungen zu erklären, zur Annahme stetig fortwirkender innerer Reize genöthigt, und folgerecht ergab sich hieraus der Satz, dass das Sehorgan sich nie im Zustande vollständiger „Ruhe“ befindet.

Von vornherein war ferner wahrscheinlich, dass das vollständig verfinsterte Sehorgan sich schliesslich mit den sogenannten inneren Reizen derart ins Gleichgewicht setzen werde, dass sich eine gewisse Constanz seines Zustandes und insbesondere ein annäherndes Gleichbleiben seiner Empfindlichkeit herstellen werde. Denn während man annahm, dass die äusseren Reize die Netzhaut ermüden, durfte man nicht dasselbe auch von den inneren Reizen gelten lassen, soweit sie nur nicht eine krankhafte Intensität haben; sonst wäre es ja nicht denkbar gewesen, dass das durch äussere Reize ermüdete Sehorgan sich trotz der immer vorhandenen inneren Reize erholen und allmälig wieder auf das Maximum seiner Empfindlichkeit kommen kann.

In der That hat Aubert[1] durch directe Versuche erwiesen, dass beim Aufenthalt im Dunkeln die Empfindlichkeit zwar anfangs rasch, später aber nur noch sehr langsam wächst, und dass sich also wahrscheinlich eine annähernde Constanz der Empfindlichkeit früher oder später herstellt. Wie nun die jetzige Theorie annehmen muss, dass bei diesem Zustande die erregbare Substanz in dem Masse, als sie durch die inneren Reize verbraucht wird, sich durch einen gleichzeitigen Restitutionsprocess wieder ersetzt, so nehme auch ich an, dass hierbei Dissimilirung und Assimilirung annähernd gleich gross sind.

Je länger wir uns also im ganz dunklen Raume aufhalten, desto mehr müsste sich nach meiner Theorie das sogenannte Eigenlicht der mittlen Helligkeit (= 0·5) nähern, und sobald das völlige Gleichgewicht zwischen Dissimilirung und Assimilirung hergestellt wäre, müsste die Empfindung des mittlen Grau selbst eintreten.

Wirklich haben wir nun, wie schon früher (§. 33) betont wurde, nach längerem Aufenthalte im Finstern nicht die Empfindung des Schwarzen, sondern bedeutend hellere Empfindungen; aber es ist die Wirkung der inneren Reize keine constante und nicht einmal gleichzeitig in allen Theilen des Sehorganes dieselbe, so dass jene mittle Empfindung nicht nach Zeit und Raum stetig vertheilt sein kann. Vielmehr schwankt die Empfindung hin und her, und wir müssen uns begnügen, nachgewiesen zu haben, dass das Sehorgan, wenn seine Dissimilirung und Assimilirung annähernd gleich gross sind, von der Empfindung des Schwarzen ungefähr ebenso weit entfernt ist, als von der des Weissen.

Bedenke ich die durchschnittliche Gesichtsempfindung, welche ich nach längerem Aufenthalte im Finstern, also z. B. nach dem Erwachen während der Nacht im finstern Zimmer habe, so muss ich zugestehen, dass mir dieselbe trotz ihrer Helligkeit doch dem tiefsten Sammtschwarz, wie ich es im erleuchteten Raume sehen kann, immer noch näher verwandt erscheint, als dem Weiss der Sonnenscheibe. Dies scheint meiner Behauptung, dass jene Empfindung durchschnittlich

[1] Physiologie der Netzhaut, pag. 37.

dem mittlen Grau von der Helligkeit 0·5 gleiche, zu widersprechen. Doch ist der Widerspruch wohl nur scheinbar. Gäbe es nämlich Lichtstrahlen, welche in unserem Auge ganz analoger Weise die Assimilirung förderten, wie die wirklichen Lichtstrahlen die Dissimilirung steigern, und könnten wir solche Lichtstrahlen mit derselben Intensität auf die Netzhaut wirken lassen, wie wir es mit den Sonnenstrahlen vermögen, so müssten wir dadurch die Empfindung eines Schwarz bekommen, welches an Tiefe oder Intensität ganz ausserordentlich selbst das tiefste wirklich empfundene Sammtschwarz überträfe und geradezu blendend wäre. Aber solche als *A*-Reiz wirkende Lichtstrahlen gibt es nicht, die innern *A*-Reize aber sind immer verhältnissmässig schwach; sie wirken nie in so concentrirter Weise, wie es günstigen Falls das äussere Licht vermag.

Da wir also von den nur denkbaren dunklen Empfindungen, welche schwärzer als Sammtschwarz sind, gar keine Vorstellung haben, eben weil sie erfahrungsgemäss nicht vorkommen und nach meiner Theorie auch nicht vorkommen können, so ist begreiflich, dass uns das mittle Grau oder die mittle Helligkeit dem Sammtschwarz näher zu stehen scheint, als dem hellsten wirklich zur Empfindung kommenden Weiss.

§. 32.

Erklärung des simultanen Contrastes.

Stellen wir bei einer mittlen Beleuchtung und mit gesunden, nicht zuvor geblendeten Augen die in meiner zweiten Mittheilung beschriebenen Contrastversuche an, so ergibt sich, dass, wenn ein Theil des Sehorganes durch Licht gereizt wird, die übrigen Theile und insbesondere die Nachbartheile dunkler empfinden als vorher.

Von vornherein gestattet die in §. 27 aufgestellte Hypothese eine mehrfache Erklärung dieser Thatsache. Das Dunklerwerden der Empfindung in der Umgebung des Hellen lässt sich nämlich ebensowohl ableiten aus einer unter dem indirecten Einflusse des Lichtreizes eingetretenen Minderung der Dissimilirung als aus einer Steigerung der Assimilirung (von den denkbaren Combinationen beider Wirkungen ganz abg[illegible]llen

müsste eine Verdunklung der Empfindung und als secundäre Wirkung eine Erhöhung der *D*-Erregbarkeit in der Umgebung des Hellen eintreten. Ich werde in den folg. §§. Thatsachen zur Unterstützung der Annahme beibringen, dass bei dieser Verdunklung durch Contrast eine Steigerung der Assimilirung an den verdunkelten Stellen stattfindet, und will daher schon hier von dieser Annahme ausgehen.

Diese Zunahme der Assimilirung ist nun, wie die Versuche lehren, am stärksten in unmittelbarer Nähe der durch äusseres Licht gereizten Stellen, nimmt mit der Entfernung rasch ab, lässt sich aber nicht bestimmt begrenzen und findet wahrscheinlich auch in den entfernteren Theilen, wenngleich hier in kaum oder bisweilen gar nicht merklicher Weise statt. Den zeitlichen Verlauf derselben lasse ich hier vorläufig unberücksichtigt.

Es lässt sich demnach folgender Satz aussprechen: Auf partielle Reizung durch Licht reagirt nicht nur der getroffene Theil, sondern auch dessen Umgebung und zwar der direct gereizte Theil durch gesteigerte Dissimilirung, die (indirect gereizte) Umgebung durch gesteigerte Assimilirung derart, dass letztere Steigerung in der unmittelbaren Nähe der beleuchteten Stelle am grössten ist und mit dem Abstande von derselben rasch abnimmt.

Hieraus erklärt sich nun, warum wir im beleuchteten Raume an den finstern Stellen wirkliches Schwarz sehen (vergl. §. 23), während wir im verdunkelten Auge hellere Empfindungen haben, obgleich die inneren *D*-Reize dort wie hier wirksam sind, und die schwarz empfindenden Stellen des offenen Auges noch dazu immer etwas äusseres Licht empfangen.

Denn ich habe zwar zunächst angenommen, dass nur einzelne Stellen der Netzhaut ausschliesslich beleuchtet seien, und die übrigen ganz finster, aber dieser Fall tritt in Wirklichkeit nie ein, weil im Auge immer Licht über die übrige Netzhaut zerstreut wird, und weil überdies unter den gewöhnlichen Umständen auch von den sogenannten ganz dunklen Theilen des sichtbaren Raumes stets ein schwaches Licht zurückgeworfen wird.

Durch die Steigerung der Assimilirung an den nicht vom Bilde der hellen Objecte getroffenen

Stellen wird nun für gewöhnlich verhütet, dass das zerstreute Licht wahrgenommen wird.

Das zerstreute Licht ist am stärksten in der Nähe eines hellen Netzhautbildes und bedingt hier das Uebergreifen der Beleuchtung über die Grenzen des eigentlichen Bildes (objective Irradiation).

Dadurch, dass die Steigerung der Assimilirung in unmittelbarer Nähe der beleuchteten Stelle am grössten ist, wird auch die Wahrnehmung dieses relativ starken zerstreuten Lichtes grössten Theiles unmöglich gemacht. Auf diesen günstigen Einfluss des simultanen Contrastes hat schon Mach[1] aufmerksam gemacht, ohne ihn jedoch physiologisch genügend erklären zu können.

Das zerstreute Licht wird also innerhalb gewisser Grenzen unschädlich gemacht, das helle Netzhautbild bekommt scharfe Umrisse und wird durch die Verdunklung des Grundes stärker gehoben.

In extremen Fällen genügt allerdings die geschilderte Steigerung der Assimilirung nicht mehr, um das zerstreute Licht ganz unsichtbar zu machen, immerhin aber wird es gedämpft. Übrigens aber hält die Contrastwirkung nicht lange an, sondern schlägt bei fester Fixation früher oder später in ihr Gegentheil um. (Vergl. den folg. §.)

Da man jedoch beim gewöhnlichen Sehen seinen Blick fortwährend über die Aussendinge hin und her bewegt, so hat die beschriebene Einrichtung noch einen weiteren grossen Vortheil. Wie auch das Bild eines hellen Objectes auf der Netzhaut wandert, immer trifft es die Stelle, auf welche es übertritt, gleichsam zu seinem Empfange vorbereitet. Denn die in der Umgebung des Bildes sehr schnell erfolgende Steigerung der Assimilirung erhöht zugleich ebendaselbst die *D*-Erregbarkeit und das helle Bild findet also bei seiner Wanderung immer eine (relativ oder absolut) gesteigerte *D*-Erregbarkeit vor. Nach kurzem Aufenthalte an einer Stelle lässt es

---

[1] Über die Wirkung der räuml. Vertheilung des Lichtreizes auf die Netzhaut. Sitzungsber. dies. Akad. 52. Bd. 1865.

dieselbe mit verminderter *D*-Erregbarkeit zurück, wirkt aber von seinem neuen Platze aus begünstigend auf die Assimilirung jener Stelle zurück und hilft dazu, deren frühere *D*-Erregbarkeit wieder herzustellen. Dabei wird durch die Steigerung der Assimilirung und die entsprechende Verdunkelung zugleich jene Helligkeit rascher gedämpft, welche hinter einem bewegten hellen Netzhautbilde zurückbleibt und welche man aus einer Nachdauer der Erregung zu erklären pflegt.

Es werden aber, wie ebenfalls in meiner zweiten Mittheilung besprochen worden ist, nicht blos dunkle Theile des Sehfeldes durch Contrast absolut dunkler, sondern auch helle absolut heller.

Wenn es richtig ist, dass auf Reizung eines Theiles die anderen Theile des Sehorganes durch vergrösserte Assimilirung reagiren und zwar hauptsächlich die Nachbartheile, so folgt, dass, wenn zwei Nachbartheile gleichzeitig durch Licht gereizt werden, sie gegenseitig ihre Assimilirung unterstützen In Folge dessen wird das Verhältniss $\frac{W}{S}$ oder $\frac{D}{A}$ an beiden Stellen ein kleineres, als es sein würde, wenn diese gegenseitige Förderung der Assimilirung nicht bestände, und die Empfindung wird dem entsprechend minder hell, als sie sonst sein würde. Man kann also sagen, dass gleichzeitig gereizte Stellen sich gegenseitig in ihrer Helligkeit beeinträchtigen oder sozusagen verdunkeln, um so mehr, je näher sie einander sind, d. h. zugleich, dass sie gegenseitig ihre erregbare Substanz vor zu raschem Verbrauche schützen.

Wenn ein heller Theil von ebenfalls hellen Theilen umgeben ist, so erfährt seine Assimilirung von allen Seiten her eine Unterstützung und erscheint daher minder hell, als wenn er von dunklen Theilen umgeben wäre: hierauf beruht die Steigerung der Helligkeit durch Contrast.

Es erklärt sich nun, warum helle Objecte auf dunklem Grunde heller erscheinen, wenn sie ein kleines, als wenn sie ein grosses Netzhautbild geben. Man lege einen Bogen grauen Papieres auf sammtschwarzen Grund

und in einiger Entfernung davon auf denselben Grund einen schmalen Streifen desselben Papieres, so wird dieser Streifen deutlich heller erscheinen als der ganze Bogen. Streifen und Bogen dürfen bei diesem Versuche keine Knickungen haben und müssen von feinem Korne sein oder aus grösserer Entfernung aber bei scharfer Acomodation betrachtet werden. Hierher gehört auch folgender Versuch von Mach[1].

„Legt man auf einen unbegrenzten schwarzen Grund ein weisses Quadrat, so zeigt dies eine gewisse Contrasthelligkeit." Schneidet man nun aus der Mitte desselben ein kleines Quadrat aus und legt es daneben, „so bleibt die Gesammthelligkeit des Gesichtsfeldes dieselbe. Die Helligkeit des Weiss wächst jedoch. Dies deutet," wie Mach fortfährt, „auf eine Wechselwirkung der Netzhautstellen und zwar auf eine desto stärkere, je näher sich die Netzhautstellen sind. Es geschieht eben in dem Versuche nichts anderes, als dass einige schwarze Stellen einigen weissen näher rücken." Dieser Versuch beweist zugleich, dass die scheinbare Helligkeit eines hellen Papierbildes nicht blos abhängt von dem „Verhältniss der Lichtquantität der gesammten Netzhaut und des Papierbildes", woraus Mach[2] das scheinbare Gleichbleiben eines und desselben Papierweiss trotz verschiedener Helligkeit der Beleuchtung erklären wollte, denn bei dem eben beschriebenen Versuche bleibt ja dieses Verhältniss dasselbe und nur die Vertheilung des Lichtes ändert sich. Das scheinbare Gleichbleiben desselben Papierweiss bei verschiedenen Beleuchtungen erklärt sich aus der Adaptation des Sehorganes, und diese beruht, wie ich später zeigen werde, auf einem, unter dem Einflusse des dauernd wirkenden Lichtreizes sich herstellenden, neuen annähernden Gleichgewichte zwischen Dissimilirung und Assimilirung.

Am eindringlichsten zeigt folgender Versuch die Erhellung durch Contrast. Man halte ein grösseres Stück schwarzen Papieres gegen den blauen oder graubewölkten Himmel, steche aber zuvor ein feines Loch in das Papier, etwa 1 Cm. weit vom Rande desselben, und vergleiche dann die Helligkeit des Himmels mit der des leuchtenden Punktes; ersterer ist mässig hell, letzterer leuchtet intensiv. Hieraus erklärt sich mit die grosse scheinbare Helligkeit der Sterne trotz ihrer objectiven Lichtschwäche.

---

[1] Über die physiologische Wirkung räumlich vertheilter Lichtreize. IV. Abhandl. Sitzungsber. d. Wiener Akad. der Wissensch. 57. Bd., S. 11. 1868.

[2] Über die Abhängigkeit der N[illegible] einander. Vierteljahresschrift für Psychiatr[illegible]

Wenn man eine beschränkte Stelle einer beliebig hellen oder dunklen Fläche eben merklich erhellt oder (z. B. durch Schatten) verdunkelt, so beruht die Merklichkeit dieser Veränderung nach dem Gesagten keineswegs blos auf der Zu- oder Abnahme der Helligkeit der betroffenen Stelle, wie man dies zeither angenommen hat, sondern auch auf der Ab- oder Zunahme der Helligkeit ihrer Umgebung. Dies kommt bei den üblichen Methoden zur Messung der Unterschiedsempfindlichkeit sehr in Betracht.

Alles, was von dem Contraste zwischen Hell und Dunkel gesagt worden ist, gilt selbstverständlich auch von Contrasten zwischen Hell und Minderhell, Dunkel und Minderdunkel, was ich hier nicht weiter ausführen will.

Ich lasse vorläufig ganz dahingestellt, ob die indirecte Wirkung des Lichtreizes blos darauf beruht, dass er die Assimilirung der Umgebung und besonders der gereizten Stelle selbst begünstigt, oder ob er etwa gleichzeitig auch die Dissimilirung der Umgebung herabsetzt. Dies würde die Erscheinungen zwar dem Masse nach, nicht aber der Richtung nach ändern. Später werde ich bei der ausführlichen Erörterung der Contrasterscheinungen darauf zurückkommen. Hier beabsichtige ich nur eine kurze Skizzirung meiner Theorie.

Die zunächst räthselhaft erscheinende Thatsache, dass das Licht nicht nur direct auf den von ihm getroffenen Theil, sondern auch indirect auf die übrigen und insbesondere die Nachbartheile wirkt, muss man, wie jede Thatsache, einfach hinnehmen. Denn dass eine solche indirecte Wirkung und überhaupt eine Wechselwirkung der einzelnen Theile des Sehorganes besteht, habe ich in meinen früheren Mittheilungen über Contrast und Induction bewiesen. Die Sache verliert viel von ihrer Räthselhaftigkeit, wenn man bedenkt, dass es im Bereiche des physicalischen und chemischen Geschehens zahlreiche Analogien dafür gibt, besonders da, wo es sich um Auslösung von Kräften handelt.

Man denke sich z. B., die Ätherschwingungen lösten an der gereizten Stelle einen chemischen Process aus, durch welchen Wärme frei würde, so wäre denkbar, dass diese Wärme nun ihrerseits die Assimilirung unterstützte und zwar nicht nur an der beleuchteten Stelle, sondern in Folge der Fortleitung der Wärme auch, jedoch schwächer, in der Umgebung. Ich bemerke aber ausdrücklich, dass dies nur ein Bild sein soll, und dass sich solcher Bilder viele machen liessen.

§. 33.

Erklärung der simultanen und successiven Lichtinduction.

Wie in meiner dritten Mittheilung (über simultane Lichtinduction) näher auseinandergesetzt ist, überzieht sich ein dunkler Grund, auf welchem sich helle Theile befinden, mehr und mehr mit subjectivem Licht, wenn man eine Stelle längere Zeit fixirt hat. Diese Erhellung des Grundes beginnt an der Grenze der hellen Theile und breitet sich allmälig immer weiter aus, während zugleich die hellen Theile immer dunkler werden.

Diese von mir sogenannte simultane Lichtinduction ist eine nothwendige Folge der anfänglichen Contrastwirkung. Durch die Reizung und gesteigerte Dissimilirung in den beleuchteten Theilen wird in den übrigen die Assimilirung gesteigert, was sich durch die subjective Verdunklung derselben verräth. Diese Steigerung der Assimilirung hat nun an den dunklen Stellen eine Zunahme der erregbaren Substanz und also auch der *D*-Erregbarkeit zur Folge. Die fortwirkenden innern Reize und das schwache von dem dunklen Grunde zurückgeworfene oder von den hellen Theilen zerstreute Licht bewirken daher eine immer mehr zunehmende Dissimilirung, während die Assimilirung nicht zu-, sondern vielmehr allmälig wieder abnimmt. Hieraus folgt, nach meiner Theorie, eine Wiederzunahme der scheinbaren Helligkeit an den vorher durch Contrast verdunkelten Stellen.

Handelt es sich nicht um Hell und Dunkel, sondern um Hell und Minderhell, Minderdunkel und Dunkel, so ist der Verlauf im wesentlichen derselbe; der anfangs durch Contrast mit dem Helleren etwas abgeschwächte Grund nimmt wieder an Helligkeit zu, der durch Contrast mit dem Minderdunklen noch mehr verdunkelte dunkle Grund wird wieder minder dunkel.

Da, während der Grund sich durch simultane Induction aufhellt, zugleich die helleren Theile wegen der unter dem Einflusse des Reizes stattfindenden Abnahme der erregb[illegible]
und der *D*-Erregbarkeit allmälig mi[illegible]
tritt früher oder später d[illegible]

Helligkeit des Grundes eben auf denselben Grad gestiegen ist, auf welchen gleichzeitig die Helligkeit der helleren Theile herabgesunken ist: jetzt fliessen Grund und hellere Theile unterschiedslos zusammen, oder wie man zu sagen pflegt, die hellen Theile verschwinden. In den peripherischen Theilen tritt dies schneller ein als in den centralen, doch fordert der Versuch sowohl dort als insbesondere hier Uebung im dauernden festen Fixiren; denn jede Bewegung des Auges verschiebt die hellen Bilder auf der Netzhaut und ihre Umrisse treten jetzt in Folge des successiven Contrastes mit um so grösserer Deutlichkeit hervor. Der Ungeübte wird deshalb besser thun, auf einer hellen Fläche eine Anzahl verwaschen begrenzter Schatten zu erzeugen, oder ein weisses Papier über einer russenden Oelflamme hin und her zu führen. Bei fester Fixation einer solchen Fläche, auf der Helleres und Dunkleres abwechseln, wird er bald Alles die gleiche Helligkeit annehmen sehen.

Hört die Beleuchtung der hellen Theile auf, so können sie nicht mehr begünstigend auf die Assimilirung in den umgebenden Theilen wirken, die Assimilirung sinkt daher hier sofort, während die Dissimilirung unter dem Einflusse der innern *D*-Reize nicht nur fortbesteht, sondern auch wegen der gesteigerten *D*-Erregbarkeit entsprechend stark ist. Nach unserer Theorie folgt, dass nun das Verhältniss $\frac{W}{S}$ oder $\frac{D}{A}$ ein grösseres, d. h. die Empfindung heller wird. Daher erscheinen nach langer Fixation einer Fläche, die Helles auf dunklem Grunde zeigt, im nachher verdunkelten Auge die vorher dunklen Theile hell und wie ich gezeigt habe, unter günstigen Umständen geradezu leuchtend hell: dies ist die successive Lichtinduction.

§. 34.

Erklärung des successiven Contrastes.

Ich will das Wesentlichste der Erscheinungen des successiven Contrastes an vier Cardinalversuchen erläutern, welche zum Theil schon früher erwähnt worden sind.

1. Man lege auf einen weissen Grund zwei tiefschwarze Blätter oder mit schwarzem Sammt überzogene Cartonbogen derart, dass sie nur einen 1 Cm. breiten weissen Streifen freilassen, und fixire letzteren $^1/_2$—1 Minute lang. Dabei wird man bemerken, dass die ursprüngliche Helligkeit des Weiss allmälig nachlässt. Entfernt man aber plötzlich die schwarzen Blätter, so erscheint der unmittelbar vorher noch weisse Streifen dunkelgrau. Diese plötzliche Verwandlung des Streifens ist nach meiner Theorie die nothwendige Folge der plötzlichen hellen Beleuchtung seiner Nachbarschaft; die Dissimilirung der letzteren wird plötzlich gesteigert und wirkt nun ihrerseits von zwei Seiten her begünstigend auf die Assimilirung an der Stelle des Streifens. Vor der Entfernung der schwarzen Blätter war das Gegentheil der Fall; auf die Nachbarschaft des vom Weiss des Streifens beleuchteten Theils wirkte nur spärlich zerstreutes Licht dissimilirend, dagegen wurde vom Streifen her die Assimilirung begünstigt und die *D*-Erregbarkeit gesteigert. Wird nun plötzlich das Licht des weissen Grundes neben dem Streifen sichtbar, so wirkt es um so stärker dissimilirend. An der Stelle des Streifens hat dagegen die erregbare Substanz und mit ihr die *D*-Erregbarkeit abgenommen, die Dissimilirung und das Gewicht der Empfindung ist trotz gleichbleibendem Reize kleiner geworden, und die plötzliche Steigerung der Assimilirung wirkt nun um so stärker verdunkelnd.

Der beschriebene Versuch ist eine zweckmässige Abänderung des bekannten Versuches, bei welchem man nach längerer Fixation eines hellen Objectes auf dunklem Grunde den Blick auf eine weisse Fläche richtet.

Dass es paradox ist, zu behaupten, der Streifen werde unmittelbar nach Entfernung der schwarzen Blätter noch ebenso hell empfunden, wie kurz zuvor, und er scheine nur in Folge eines falschen Urtheils dunkler, beziehungsweise im günstigsten Falle sogar schwärzlich, dies habe ich schon in §. 19 hervorgehoben. Man kann deshalb auch ein solches negatives Nachbild nicht blos aus der „Ermüdung", d. h. der gesunkenen „Erregbarkeit" für äusseres Licht erklären.

2. Legt man auf einen schwarzen Grund zwei grosse weisse Blätter, so dass sie wieder nur einen schmalen Streifen des

Grundes freilassen, und fixirt den letztern $^1/_2$ Minute lang, so wird er anfangs sehr dunkel erscheinen und allmälig etwas heller werden (simultane Lichtinduction), sobald man aber die beiden weissen Blätter schnell entfernt, weisslich erscheinen. Dies beruht auf der schon erklärten successiven Lichtinduction. Der Versuch ist nur eine Abänderung des Versuchs, bei welchem man ein schwarzes Object auf weissem Grunde fixirt und dann auf einen schwarzen Grund blickt. Dass das plötzliche Hell- oder Weisslichwerden des kurz vorher noch schwarzen Streifens sich nicht aus der „Ermüdung" seiner Umgebung erklären lässt, wurde schon in meiner ersten Mittheilung gezeigt.

3. Lege ich einen schmalen weissen Streifen auf schwarzen Grund, fixire denselben eine Weile und ziehe ihn dann rasch weg, oder schiebe ein gleich schwarzes Blatt darüber, so erscheint nun das Schwarz an der Stelle des früheren Streifens dunkler und in der nächsten Umgebung heller als kurz vorher.

Während der Betrachtung des weissen Streifens wurde in seiner Umgebung die Assimilirung gesteigert, an der Stelle des Streifens aber nahm die *D*-Erregbarkeit ab, während eine irgend erhebliche *A*-Ermüdung, d. h. Erschöpfung des Assimilirungsmaterials (siehe den folg. §.) nicht stattfand. Deshalb erscheint zwar bei genauer Beobachtung im ersten Momente nach Entfernung des weissen Streifens an seiner Stelle ein schwach grauer (das positive, jetzt aus dem Fortklingen der Erregung erklärte Nachbild), sehr schnell aber wird die Stelle ganz schwarz, während ihre Umgebung sich aufhellt, weil hier die vorhergegangene Unterstützung der Assimilirung weggefallen ist und das schwache Licht der schwarzen Fläche sowie die inneren Reize jetzt eine gesteigerte *D*-Erregbarkeit finden.

4. Fixire ich einen schwarzen Streifen auf weissem Grunde und ziehe nach einer Weile den Streifen rasch weg oder schiebe ein gleich weisses Blatt darüber, so sehe ich an Stelle des schwarzen Streifens ein Weiss, das viel heller und reiner ist, als das Weiss der übrigen Fläche und besonders von seiner nächsten Umgebung absticht, welche häufig schmutzigweiss oder hellgrau erscheint (Dunkelhof). Während der Betrachtung des schwarzen Streifens wurde nämlich im entsprechenden Theile des Sehorganes die Assimilirung von zwei Seiten her gesteigert,

daher das anfängliche tiefe Schwarz des Streifens; in nächster Umgebung des Streifens aber fand eine stärkere Herabsetzung der *D*-Erregbarkeit als im Übrigen statt, weil die Assimilirung nur von der einen Seite her, nicht wie im Übrigen von allen Seiten her unterstützt wurde. Das Licht, welches dann plötzlich auf den vorher dunklen Theil des Sehorganes fällt, findet also hier eine gesteigerte *D*-Erregbarkeit vor, bewirkt daher eine relativ starke Dissimilirung, welche ihrerseits wieder begünstigend auf die Assimilirung der Nachbarschaft wirkt. Theils wegen dieser stärkeren Assimilirung, theils wegen der schwächeren Dissimilirung erscheinen nun diese Nachbartheile dunkler als die übrige weisse Fläche.

In diesen vier Versuchen sind die wesentlichsten und bekanntesten Erscheinungen der negativen Nachbilder des offenen Auges oder des successiven Contrastes enthalten; das fernere Detail möge später ausführlich erörtert werden. Man sieht aber schon aus der hier gegebenen Skizze, wie ausgiebig sich aus meiner Theorie alle diese Erscheinungen erklären lassen, und zugleich, wie ungenügend die bisherigen Erklärungen waren.

§. 35.

Über die Ermüdung des Sehorganes.

Wenn durch Einwirkung eines Lichtreizes die Dissimilirung der erregbaren Substanz unmittelbar gesteigert wird und dadurch wieder mittelbar, obwohl in schwächerem Masse, auch die Assimilirung der beleuchteten Theile, so muss nicht nur die Menge der erregbaren Substanz in diesen Theilen abnehmen, sondern es kann auch der Vorrath an Assimilirungsmaterial dann sich mindern, wenn der Verbrauch desselben unter dem indirecten Einflusse des Reizes rascher stattfindet, als der gleichzeitige Ersatz aus dem Blute erfolgen kann. Hört dann die Reizung plötzlich wieder auf, so sinkt nicht nur die Dissimilirung auf ein Maass zurück, wie es der geminderten erregbaren Substanz und den fortwirkenden inneren Reizen entspricht, sondern es sinkt auch die Assimilirung, weil sie nicht mehr durch die indirecte Wirkung des Reizes unterstützt wird. Wenn nun aber die Grösse

der Assimilirung mit abhängig ist von der Menge des zur Assimilirung bereitstehenden Materiales, und dieses ist durch die vorangegangene Reizung erheblich gemindert, so kann in Folge dessen die Assimilirung nach Schluss der Reizung noch schwächer werden als die Dissimilirung, was im verdunkelten Auge eine Nachempfindung bedingen muss, welche heller ist als das neutrale Grau. Allmälig wird sich dann das mehr oder weniger erschöpfte Assimilirungsmaterial wieder aus dem Blute ergänzen und damit auch die Assimilirung wieder zu-, die Helligkeit der Nachempfindung wieder abnehmen.

Es ist also unter dem Einflusse des Lichtreizes eine doppelte Art der Ermüdung des beleuchteten Theiles denkbar; die eine verräth sich durch eine geminderte *D*-Erregbarkeit und beruht auf der Abnahme der erregbaren Substanz, die andere ist die Folge der mehr oder minder grossen Erschöpfung des Assimilirungsmateriales. Wir können diese beiden Arten der Ermüdung als *D*-Ermüdung und *A*-Ermüdung unterscheiden. Es ist diese Unterscheidung nicht blos für die Physiologie der Sehsubstanz, sondern auch für die der irritablen Substanzen überhaupt unentbehrlich.

Blickt man in die Sonne, so erhält man im nachher verdunkelten Auge ein lang andauerndes helles Nachbild. Man erklärt es jetzt, wie alle solche positiven Blendungsbilder, aus einer Fortdauer der Erregung. Nun sollte man meinen, dass, wenn dies richtig ist, beim Einfallen neuen Lichtes, z. B. beim Blicke auf eine helle weisse Fläche, diese Erregung noch gesteigert werden und das Nachbild noch heller erscheinen müsste als im geschlossenen Auge; statt dessen aber erscheint es vielmehr dunkler und manchmal sehr viel dunkler.

Wenn ich eine schwarze Scheibe auf weissem Grunde $^1/_2$—1 Minute lang fixire, und dann die Augen verdunkle, so sehe ich ein helles Nachbild der Scheibe; dasselbe leuchtet im indueirten Lichte und zwar oft ebenso hell wie das positive Nachbild der Sonne. Blicke ich dann auf eine hellweisse Fläche, so wird dieses helle Nachbild noch viel heller. Es tritt also, verglichen mit dem vorigen Versuche, das gerade Gegentheil ein.

Die Helmholtz'sche Theorie muss sich aus diesem auffallenden Widerspruch durch die unbewussten „falschen Urtheile und Schlüsse" heraushelfen, indem sie annimmt, das im verdunkelten Auge helle Blendungsnachbild der Sonne werde, wenn man auf eine helle Fläche blickt, wirklich noch heller „empfunden" als vorher im verdunkelten Auge, aber man halte es gleichwohl für dunkel oder schwärzlich, weil man jetzt seine Helligkeit mit der viel grösseren Helligkeit der übrigen weissen Wand vergleiche; im Gegensatze zu diesem Weiss erscheine Einem nun das Nachbild dunkel, während man es im geschlossenen Auge im Gegensatz zu dem „Eigenschwarz" der Netzhaut für hell halte. Diese psychologische Theorie verkehrt also hier entschiedenes Dunkel in angebliches Hell. Umgekehrt verfährt sie mit dem Nachbilde der schwarzen Scheibe, welches im verdunkelten Auge ebenfalls hell ist. Von diesem behauptet sie, es werde eigentlich schwärzlich empfunden, d. h. es habe nur jene sehr schwache Helligkeit, welche der Augengrund zeigt, wenn man das Auge $^1/_2$—1 Minute lang verdunkelt hatte; man halte aber gleichwohl das Nachbild für hell leuchtend, weil die übrige Netzhaut wegen der vorangegangenen Ermüdung noch viel dunkler sei als gewöhnlich. Dass häufig bei diesem Versuche der Augengrund im nachher verdunkelten Auge gar nicht dunkler ist als gewöhnlich, sondern manchmal sogar heller, wird dabei übersehen. Hier verkehrt also diese Theorie entschiedenes Hell in angebliches Dunkel.

Überhaupt nimmt diese Theorie der Nachbilder, wie sie hauptsächlich Helmholtz entwickelt hat, auf die wirkliche oder absolute Helligkeit und Dunkelheit der Nachbilder gar keine Rücksicht, sondern fragt nur nach der relativen;[1] sie erklärt nur, warum in einem positiven oder negativen Nachbilde das Nachbild heller oder dunkler ist als der Grund; wie hell oder dunkel aber beide sind, kümmert sie nicht.

Meine Theorie hingegen erklärt, was man wirklich sieht, warum also auch z. B. das helle positive Nachbild der Sonne dunkel, das helle negative Nachbild der schwarzen Scheibe noch heller wird, wenn man auf eine helle Fläche blickt.

---

[1] Vergl. insbesondere Helmholtz, Physiologische Optik S. 363.

Letzteres habe ich schon oben erklärt. Während der Betrachtung der schwarzen Scheibe auf hellem Grunde wurde die Assimilirung und damit die *D*-Erregbarkeit an der dunklen Stelle gesteigert. Nach Schluss der Reizung bewirken daher die innern *D*-Reize hier eine stärkere Dissimilirung und das neu hinzukommende Licht findet eine grössere *D*-Erregbarkeit an dieser Stelle vor als im übrigen. Daraus folgt die Helligkeit des Nachbildes und die Steigerung dieser Helligkeit, wenn man auf eine weisse Fläche blickt. Während der Betrachtung der Sonnenscheibe findet dagegen an der direct gereizten Stelle nicht nur eine sehr starke Dissimilirung, sondern auch eine sehr bedeutende, wenngleich minder starke Assimilirung statt; durch erstere wird die erregbare Substanz und das *D*-Vermögen stark gemindert, durch letztere das vorhandene *A*-Material rasch verbraucht. Hieraus resultirt nachher im verdunkelten Auge eine Empfindung, welche auf einer nur schwachen Dissimilirung unter dem Einflusse der innern Reize und auf einer noch schwächeren Assimilirung beruht, also eine Empfindung, die zwar hell ist, aber ein sehr kleines Gewicht hat. Lasse ich nun starkes Licht auf die ganze Netzhaut fallen, so bewirkt dieses an der Stelle des Nachbildes wegen der hier stark herabgesetzten *D*-Erregbarkeit eine nur sehr kleine absolute Zunahme der Dissimilirung, die Assimilirung dieser Stelle aber wird von der ganzen übrigen Netzhaut her durch die grosse Dissimilirung derselben sehr unterstützt, und da wegen der Kleinheit der Dissimilirung nur ein kleiner absoluter Zuwachs der Assimilirung nöthig ist, um letztere grösser werden zu lassen als erstere, und das Nachbild entsprechend zu verdunkeln, so geschieht dies bei starker Beleuchtung wirklich, obwohl das Assimilirungsmaterial an dieser Stelle so stark erschöpft ist.

Wenn man die ganze Netzhaut grell beleuchtet, indem man z. B. gegen eine weit ausgebreitete sonnenbeschienene Wand blickt, oder die geschlossenen Augen gegen die Sonne wendet, und man verdunkelt dann die Augen, so sieht man keineswegs ein tiefes Schwarz, sondern längere Zeit einen Lichtnebel, der viel heller ist, als der nach längerer Ruhe des Auges sichtbare. Dies hat ebenfalls seinen Grund in dem starken Verbrauch des *A*-Materiales während der Reizung.

Die soeben angeführten und zahlreiche andere Thatsachen, welche sich aus der Annahme einer besonderen *A*-Ermüdung unter dem Einflusse des Lichtes erklären, liefern mir umgekehrt auch den Beweis für die Richtigkeit der im §. 32 gemachten Annahme, dass der Lichtreiz nicht blos unmittelbar durch Steigerung der Dissimilirung, sondern auch mittelbar durch Steigerung der Assimilirung in dem gereizten Theile und dessen Umgebung wirkt; dies hat die *A*-Ermüdung der gereizten Stelle zur Folge, an welcher diese indirecte Wirkung am stärksten ist.

In die unerschöpfliche Mannigfaltigkeit der Nachbilder im geschlossenen Auge kommt Ordnung und Klarheit, wenn man neben der *D*-Ermüdung zugleich die *A*-Ermüdung in Rechnung zieht. Berücksichtigt man hierbei auch immer die Wechselwirkung der einzelnen Theile, welche im verdunkelten Auge unter dem Einflusse der inneren Reize ganz analog stattfindet, wie im offenen, dem Lichtreize ausgesetzten Auge, bedenkt man, dass diese Wechselwirkungen in der Nähe der Conturen immer am stärksten sind, wodurch die „Säume“ und „Randscheine“ (Fechner) der Nachbilder entstehen, so ist man hinreichend ausgerüstet, um die Untersuchung dieser Erscheinungen da wieder aufzunehmen, wo sie Fechner leider abbrechen musste, und auf Grund der classischen Untersuchungen dieses Forschers weiter zu bauen. Meine späteren Mittheilungen werden, wie ich hoffe, diese Behauptung mehr und mehr rechtfertigen. Hier wollte ich nur den leitenden Faden zeigen, der, wie ich meine, durch dieses Labyrinth von Erscheinungen führen kann.

Selbstverständlich kommt die *A*-Ermüdung oder Minderung des *A*-Vermögens auch bei den in den früheren Paragraphen besprochenen Erscheinungen vielfach in Betracht. Da ich aber die Darstellung nicht gleich vom Anfang an auch durch Berücksichtigung dieses Factors, der dort nur das Maass, nicht die Richtung der Erscheinung ändert, compliciren wollte, so habe ich vorläufig davon abgesehen.

§. 36.

Über Plateau's Theorie.

Ich habe im Obigen nur auf die jetzt ziemlich allgemein angenommene und insbesondere von Helmholtz entwickelte Theorie kritische Rücksicht genommen, die Theorie Plateau's aber ganz vernachlässigt. Derselbe Vorwurf, den ich der erstgenannten Theorie machen musste, dass sie nämlich einen Theil der Thatsachen aus dem Zusammenhange der übrigen herausreisst und mit der Erklärung dieses Theiles das Ganze erklärt zu haben meint, trifft in noch höherem Maasse die Plateau'sche Theorie.

Nach Plateau kehrt die durch äussere Reize „aus ihrem Normalzustande gerissene und plötzlich sich selbst überlassene Netzhaut gleich einer Feder durch eine Oscillationsbewegung in ihren Normalzustand zurück, so dass der Eindruck wechselsweise in die beiden entgegengesetzten Zustände übergeht.“ [1] Als solche entgegengesetzte Zustände sieht er Weiss und Schwarz, sowie je zwei complementäre Farben an, sonderbarerweise aber so, dass zwar Schwarz als negativer Zustand dem Weiss als positivem entgegengestellt wird, eine und dieselbe Farbe aber bald als positiver bald als negativer Zustand aufgefasst wird, je nachdem sie objectiven oder rein subjectiven Ursprungs ist. Das abwechselnde Verschwinden und Wiedererscheinen der Nachbilder im verdunkelten Auge sowie die Contrast- und Inductionserscheinungen, welche letztere er von der physicalischen Irradiation nicht streng scheidet, bildeten die Ausgangspunkte seiner Theorie.

Abgesehen davon, dass die ganze Theorie im günstigsten Falle nur auf ein zutreffendes Bild, nicht aber auf eine eigentliche Erklärung hinauslaufen würde, ist es nicht einmal zutreffend, dass die „Oscillationen“ immer um den Normalzustand (dies wäre mein mittles Grau) erfolgen. Ferner lässt Plateau aus zwei complementären Farben bald Weiss bald Schwarz ent-

[1] Über das Phänomen der zufälligen Farben. Poggendorff (Annal. d. Physik 32. Bd. 1834, S. 543).

stehen, je nachdem sie objectiv oder subjectiv sind. Er stützt sich dabei lediglich auf einen Versuch, aus welchem man, wie schon Fechner angab, wenn man ihn etwas abändert, ebenso gut das Gegentheil von dem beweisen kann, was Plateau damit beweisen wollte. Plateau's Behauptung, dass zwei complementäre Farben, je nachdem sie objectiv oder subjectiv sind, Weiss oder Schwarz erzeugen können, ist ebenso willkürlich und paradox, wie die Behauptung von Helmholtz, dass ein und derselbe Zustand einer Stelle des Sehorganes bald weiss bald schwarz wahrgenommen werden kann, je nachdem die Umgebung der Stelle dunkler oder heller erscheint, als die letztere selbst.

Analog der zeitlich ausgebreiteten, nahm Plateau auch räumlich ausgebreitete Oscillationen der Netzhaut an. Hierbei stützte er sich auf die Irradiation, welche er für rein subjectiv nahm, und auf die Contrasterscheinungen. Eine Erklärung der letzteren war damit auch nicht gegeben, sondern nur eine bildliche Umschreibung und Zusammenstellung der Thatsachen.

Ich verkenne nicht das Verdienst Plateau's, erkannt zu haben, dass Schwarz und Weiss auf physiologischen Gegensätzen und nicht blos auf graduellen Verschiedenheiten desselben physiologischen Processes beruhen; auch stimme ich ihm, wie die folgenden Mittheilungen zeigen werden, darin bei, dass complementäre Farben physiologische Gegensätze sind. Wer aber letzteres annehmen will, darf consequenterweise nicht annehmen, dass complementäre Farben sich zu Weiss oder Schwarz ergänzen, und noch weniger, dass dieselben complementären Farben zusammen bald Weiss und bald Schwarz geben.

In jedem Irrthum liegt etwas Wahres, und so enthält auch die Plateau'sche Oscillationstheorie ebenso wie die Ermüdungstheorie selbstverständlich viel Richtiges. Gerade auf diejenigen Thatsachen, welche Helmholtz gar nicht zu erklären vermag und deshalb nur psychologisch umschreibt, stützt sich die Theorie Plateau's. Dass sich die Vorzüge beider Theorien bei gleichzeitiger Vermeidung ihrer Fehler in einer umfassenderen Theorie vereinigen lassen, dafür liefert, wie ich meine, die hier aus neuen Gesichtspunkten entwickelte Theorie den Beweis.

§. 37.

Schlussbemerkungen.

Ich bin weit entfernt zu glauben, dass die hier entwickelte Theorie endgiltig richtig ist; doch meine ich, dass sie der Wahrheit wesentlich näher kommt, als die jetzt übliche. Im Einzelnen wird manches noch zu verbessern sein, und der Grundgedanke der ganzen Theorie wird später, auch wenn er richtig ist, den weiteren Fortschritten der Chemie und Physik entsprechend anders ausgedrückt werden müssen. Ferner wird gerade mein Bestreben, an die jetzt geltenden Sätze der allgemeinen Nervenphysiologie möglichst anzuknüpfen, es später bedingen, dass die fortschreitende Erkenntniss des Wesens der Nerventhätigkeit auch diese Theorie modificiren wird.

Auch möchte ich die hier vorliegende Skizze nur als Programm für die späteren ausführlichen Mittheilungen betrachtet wissen. Wenn sie auch das Ergebniss langer Beschäftigung mit dem Gegenstande ist, so ist doch dieser Gegenstand selbst fast unerschöpflich, und insbesondere sind durch die, im Wesentlichen aus den Hauptphänomenen abgeleitete Theorie eine grosse Menge Specialfragen neu angeregt oder wenigstens der Untersuchung erst zugänglich geworden, die sich nur durch grössere und zum Theil messende Versuchsreihen erledigen lassen.

Wie ich mich bemüht habe, bei meinen psychologisch-optischen Untersuchungen nie die Fühlung mit der allgemeinen Physiologie und besonders der Nervenphysiologie zu verlieren, so bin ich auch der Meinung, dass die letztere durch Untersuchungen, welche nach der Methode der vorliegenden geführt werden, bedeutend gefördert werden könne. Denn ich war immer der Ansicht, dass die grossen Aufgaben, welche der Physiologie und insbesondere der Nervenphysiologie gestellt sind, am zweckmässigsten, ähnlich einer Tunnelbohrung, von zwei Seiten zugleich in Angriff genommen werden, nämlich nicht nur von der physikalisch-chemischen Seite, sondern auch von der psychischen. Die Richtung, in welcher von beiden Seiten gearbeitet werden muss, ist bereits klar vorgezeichnet, und das gemeinsame ideale

Ziel, wo dereinst die Arbeiter zusammentreffen sollen, kennen wir auch. Dieses Ziel ist zugleich die Grundvoraussetzung der ganzen Arbeit. Als Ziel genommen ist es die Erkenntniss des causalen Zusammenhanges alles physischen Geschehens auf der einen, alles psychischen Geschehens auf der anderen Seite; als Voraussetzung genommen ist es die gesetzmässige Abhängigkeit beider Arten des Geschehens von einander.

XII. SITZUNG VOM 30. APRIL 1874.

Herr Prof. Dr. Emil Weyr in Prag übersendet eine Abhandlung, betitelt: „Die Erzeugung der Curven dritter Ordnung mittelst symmetrischer Elementensysteme zweiten Grades."

Herr Director Dr. Jos. Stefan legt eine Abhandlung: „Versuche über die scheinbare Adhäsion" vor.

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Akademie der Wissenschaften, Ungarische: Almanach. 1869 & 1870. I. füzet. Pesten; 8°. — Értesitö. VI. Évf., 9—17 szám. 1872; VII. Évf. 1—7 szám. 1873. Pest; 8°. — Értekezések, nylvtud. II. Köt. 12. sz.; III. Köt. 1.—7. sz. 1872 & 1873. — Értekez. történettud. II. Köt. 2.—9. sz., 1872 & 1873. — Értekez. philosoph. II. Köt. 3. sz. 1872. — Értekez. társad. II. Köt. 6.—7. sz. 1873. — Értekez. mathemat. II. Köt., 2. sz. 1873. — Értekez. természettud. III. Köt. 4.—14, sz.; IV. Köt. 1.—2. sz. 1872 & 1873. Pest; 8°. — Nyelvtud. Közlemények. X. Köt. 2. füz. Pesten, 1872; 8°. — Archaeolog. Közlem. IX. Köt. 1. füz. Budapest, 1873; folio. — Mathemat. Közlem. VI. Köt. 1868. Pest; 8°. — Évkönyvei. XIII. Köt. 9.—10. darab; XIV. Köt. 1. dar. Pesten, 1872 & 1873; 4°. — A Magyar nyelv szótára. V. Köt. 2.—4. füz. Pest, 1868—1870; 4°. — *Monumenta Hungariae historica. Scriptores.* XXIV. Köt. Budapesten, 1873; 8°. — Török-Magyarkori történelmi emlékek. VIII. Köt. Pest, 1872; 8°. — *Archivum Rákóczianum.* I. oszt. I. Köt. Pesten, 1873; 8°. — Magyarországi régészeti emlétek. II. Köt. 1. rész. Budapest, 1873; 4°. — Magyarország helyrajzi története. II. Köt. Budapest, 1872; 8°. — A helyes magyarság elvei. Budapest, 1873; 8°. — A hazai és külföldi iskolázás a XVI. században. Budapest

1873; 8°. — A régi Pest. Budapest, 1873; 8°. — *Icones selectae Hymenomycetum Hungariae.* 4°.

Akademie der Wissenschaften, Königl. Preuss., zu Berlin: Inhaltsverzeichniss der Abhandlungen aus den Jahren 1822 bis 1872. Berlin, 1873; 8°.

Apotheker-Verein, allgem. österr.: Zeitschrift (nebst Anzeigen-Blatt). 12. Jahrgang, Nr. 12. Wien, 1874; 8°.

Archiv für die naturwissenschaftliche Landesdurchforschung von Böhmen. Von C. Kořistka und J. Krejči. II. Band, 2. Theil. (Deutsch und böhmisch.) Prag, 1873; 4°.

Astronomische Nachrichten. Nr. 1984—1985. (Bd. 83. 16—17.) Kiel, 1874; 4°.

Ateneo di Brescia: Commentari. Dall' anno 1852 al 1869. Brescia, 1859—1870; 8°. — Gabriele Rosa, Dialetti, costumi e tradizioni nelle provincie di Bergamo e di Brescia. Brescia, 1870; 8°. — Giambattista Brocchi, Sul ferro spatico delle miniere della Valtrompia. 8°.

Bibliothèque Universelle & Revue Suisse: Archives des sciences physiques et naturelles. N. P. Tome XLIX, Nr. 195. Genève, Lausanne, Paris, 1874; 8°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Tome LXXVIII, Nr. 15. Paris, 1874; 4°.

Gesellschaft, österr., für Meteorologie: Zeitschrift. IX. Bd., Nr. 8. Wien, 1874; 4°.

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Wochenschrift. XXXV. Jahrgang, Nr. 12. Wien, 1874; 4°.

Journal für praktische Chemie, von H. Kolbe. N. F. Band IX, 4. & 5. Heft. Leipzig, 1874; 8°.

Königsberg, Universität: Akademische Gelegenheitsschriften aus d. J. 1873. 4° & 8°.

Mittheilungen des k. k. technischen und administrativen Militär-Comité. Jahrgang 1874, 4. Heft. Wien; 8°.

Nature. Nr. 234, Vol. IX. London, 1874; 4°.

Reichsanstalt, k. k. geologische: Jahrbuch. Jahrgang 1874. XXIV. Band. Nr. 1. Wien; 4°. — Verhandlungen. Jahrgang 1874, Nr. 6. Wien; 4°.

„Revue politique et littéraire“ et „Revue scientifique de la France et de l'étranger“. IIIe Année, 2me Série, Nr. 43. Paris, 1874; 4°.

Société Géologique de France: Bulletin. 3me Série. Tome Ier, Nr. 5. Paris, 1872—1873; 8°.

Wiener Medizin. Wochenschrift. XXIV. Jahrgang, Nr. 17. Wien, 1874; 4°.

Zeitschrift des österr. Ingenieur- & Architekten-Vereins. XXVI. Jahrgang, 6. & 7. Heft. Wien, 1874; 4°.

Beiträge zur Topographie und Mechanik des Mittelohres.

Von **E. Mach** und **J. Kessel.**

(Mit 1 Tafel und 5 Holzschnitten.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 23. April 1874.)

1.

A. Geometrische Beschreibung des Mittelohres.

Hält man ein Felsenbein frei in der Hand, so ist es nicht ganz leicht, demselben genau die Stellung zu geben, die es bei einer angenommenen Lage des Kopfes haben müsste. Man kann ziemlich bedeutende Drehungen mit dem Felsenbein vornehmen, ohne die daraus hervorgehende Desorientirung zu merken. Da nun anatomische Angaben über das Gehörorgan gewöhnlich an blossen Felsenbeinen abgenommen werden, so ist dies allein, abgesehen von individuellen Abweichungen, genügend, um mancherlei Differenzen derselben, zum Beispiel über die Richtung des Tensorzuges, zu erklären. Es schien uns daher für die Verständigung nützlich, die Bestimmungen am Gehörorgan in anderer Weise vorzunehmen.

Wir operiren, wo es sich um grössere Genauigkeit handelt, an ganzen Köpfen, wählen in dem Kopfe drei leicht (auch von aussen) auffindbare, zu einander rechtwinklige Ebenen und geben für die wichtigern Punkte des Gehörorgans die drei senkrechten Abstände von jenen Ebenen als bestimmende Coordinaten an. Um diesen Angaben die nöthige Anschaulichkeit zu ertheilen, stellen wir das Gehörorgan mit seinen Axen und wichtigeren Ebenen nach dem Princip der descriptiven Geometrie in zwei orthogonalen Projectionen auf zwei jener Ebenen dar, so dass, wenn man die Zeichnungsebene unserer Skizze an der Durchschnittslinie jener beiden Coordinatenebenen rechtwinklig knickt, man eine fast unmittelbare

Vorstellung von allen interessantern Verhältnissen am Gehörorgan erhält.

Das Letztere ist eigentlich nur eine weitere Ausführung eines Gedankens von Kamper[1], welcher gegen Albinus die Ansicht vertrat, dass man Anatomisches nicht perspectivisch, sondern in orthogonaler Projection zu zeichnen habe. Wir zeichnen nun zwei solche sich entsprechende Projectionen, wie dies für technische Zwecke längst gebräuchlich ist, wodurch die Bestimmung der Lagen und Formen eine vollständige wird.

Des Mittels der descriptiven Geometrie haben wir uns unbedenklich bedient, weil wohl jeder in 3—4 Stunden sich die Sätze über gerade Linien und Ebenen aneignen kann, welche für das Verständniss unserer Darstellung nöthig sind. Man würde irren, wenn man sich vorstellte, dass unser Verfahren nothwendig mit einer grossen Schwerfälligkeit behaftet sein müsse. Wir werden ein sehr einfaches und schnelles Mittel, die Zeichnung zu gewinnen, angeben. Ausserdem ist zu bemerken, dass, wenn man das Verfahren einmal ausgeführt hat, das aufbewahrte Präparat oder die gewonnene Zeichnung genügt, um ein Felsenbein nach dem Augenmasse annähernd richtig zu orientiren.

2.

Der Kopf, an dem die Bestimmungen vorzunehmen sind, wird folgendermassen behandelt. Wir legen den Kopf nach entferntem Unterkiefer auf ein Brett und befestigen ihn von der Seite her durch einige Drahtstiften. Dann werden auf dem Brette hart an den Ohrmuscheln auf irgend eine Weise zwei Lothe errichtet, welche bis zur Mitte der Gehörgangsöffnungen reichen und die Fusspunkte derselben werden bezeichnet. Nachdem der Kopf in der Medianebene durchgesägt und die Hälfte entfernt ist, wird unter demselben ein gespannter Faden durchgezogen, der die beiden Lothfusspunkte verbindet. In dem Durchschnittspunkte der Medianebene und des Fadens errichten wir nun ein Loth von derselben Länge wie die vorher erwähnten Lothe.

[1] O. Schmidt, Entwicklung der vergl. Anatomie. Jena, 1855. — Kamper, Annotationes academicae. lib. VI.

Das obere Ende dieses Lothes gibt den Durchschnittspunkt der Verbindungslinie der Mittelpunkte der Gehörgangseingänge mit der Medianebene und fällt in das Os basilare etwa 7 Mm. vor den Occipitalrand in die spongiose Substanz und etwa 1·5 Mm. über die untere Aussenfläche. Natürlich wird dieser Punkt mit der Schädelform etwas variiren. Wir haben aber später immer nach durchgesägtem Kopfe den Punkt 7 Mm. vor dem Occipitalrand und 1.5 Mm. über der Aussenfläche des Os basilare als Anfangspunkt der Coordinaten genommen.

Wir ziehen nun durch den bezeichneten Punkt in der Medianebene an den untern vordern Rand des Oberkiefers eine Gerade und legen durch dieselbe eine auf die Medianebene senkrechte Ebene. Auf die Medianebene und die neu errichtete Ebene stellen wir noch eine dritte Ebene senkrecht durch den Punkt im Os basilare und betrachten diese drei Ebenen als Coordinatenebenen. Den Anfangspunkt der Coordinaten im Os basilare nennen wir *A*, die Durchschnittslinie der Medianebene mit der zweiten Ebene nach hinten *AH*, die Durchschnittslinie der zweiten mit der dritten Ebene nach rechts und links *AS* und *AS'*, die Durchschnittslinie der dritten Ebene mit der Medianebene nach oben *AO*. Die Abscissen auf diesen drei Axen heissen *h*, *s*, *o*.

Wir nehmen nun einen rechtwinkligen parallelepipedischen Holzklotz, stellen denselben auf den Tisch, ziehn in einer verticalen Seitenfläche eine den Horizontalkanten parallele Gerade und schrauben, nageln oder leimen den halben Kopf so an diese Seite, dass *AH* mit der gezogenen Linie und *A* mit einer Verticalkante zusammenfällt. Ist das Präparat so befestigt, so kann man sich immer sehr leicht orientiren, denn die Seitenflächen und Kanten des Klotzes sind den Coordinatenebenen und Axen parallel.

Die beiden Skizzen Fig. 1 und Fig. 2 zeigen die erstere den Schnitt in der Medianebene (in der Ebene *OAH*) und die orthogonale Projection auf dieselbe, die zweite den Schnitt in der Ebene *OAS* und die orthogonale Projection auf dieselbe. In beiden Figuren bezeichnet *cc* die Contur des Felsenbeins, welches in Fig. 2 natürlich ober der Schnittebene liegt, und *b* deutet den verticalen ob an. Man sieht in Fig. 2 in das

Fig. 1.

Fig. 2.

Innere der Vorderhälfte des Schädels. Fast das ganze Gehörorgan liegt rechts und links von der ersten, ober der zweiten und hinter der dritten Ebene. Wir zählen deshalb die Coordinaten nach rechts und links, oben und hinten positiv.

3.

Die Bestimmungen der Coordinaten können nun in verschiedener Weise vorgenommen werden. Das erste Verfahren war folgendes. Das Präparat sammt dem Klotz wird an der verschiebbaren Mutter der Schraube der Theilmaschine so befestigt, dass eine Coordinatenaxe der Spindel parallel, eine Coordinatenebene horizontal, die beiden andern vertical werden. Ober dem Präparat steht ein verticales Mikroskop mit Ocularfadenkreuz und ist nur auf einem Schlitten senkrecht zur Spindel und mit dem Trieb auf und ab verschiebbar. Man kann nun eine Ecke des Klotzes anvisiren und dann jeden Punkt des Gehörorgans unter das Fadenkreuz bringen, wobei also die der Spindel parallele Coordinate gemessen wird. Man stürzt dann den Klotz sammt dem Präparate, misst die zweite und ebenso die dritte Coordinate.

Dieses Verfahren ist das umständlichste und eigentlich auch genauer als es für den vorliegenden Zweck nöthig ist. Ein zweites Verfahren ist dies. Auf einem horizontalen Brett befindet sich eine Tförmige Holzleiste. An dem Stiele des T, der nach Millimetern getheilt ist, befindet sich ein Schieber mit einem Nonius, welcher das Präparat trägt. Der Querarm des T ist ebenfalls getheilt und geht in einer Führung mit einem Nonius. Das

verticale Mikroskop steht nun fest. Man bringt einen Punkt des Präparats nach dem andern unter das Fadenkreuz und liest gleich zwei Coordinaten ab, die eine am Stiele, die andere am Querarm des T.

Grobe Bestimmungen lassen sich schon auf folgende Weise ausführen. Man klemmt auf dem Tische einen Massstab fest und legt den mit einer Marke versehenen Klotz unmittelbar an denselben, indem man ihn leicht andrückend fortführt. In einen Träger wird eine ebene kleine Blechplatte vertical so eingeklemmt, dass man, ein Auge darüber haltend, dieselbe zu einer Linie verkürzt sehen und mit der horizontalen, zum Massstabe senkrechten Kante des Klotzes zur Deckung bringen kann. Ein zweiter Träger hält eine horizontale Blechplatte mit einer kleinen Öffnung so über der erstern Platte, dass das Auge durch die Öffnung blickend die erstere Platte als Linie sieht. Dadurch wird das fortwährende Aufsuchen der Stellung des Auges erspart. Man hat hier eine ganze Visirebene und kann die zum Massstabe parallele Coordinate für viele Punkte rasch ablesen.

Hat man mehrere Punkte auf diese Weise bestimmt, so kann man, nachdem man zuvor mit dem Ocularnetz des Mikroskopes eine Skizze des Gehörorgans gezeichnet hat, dieselbe mit den genauen Massen auf ein quadrirtes Papier übertragen. Das folgende Verfahren liefert aber gleich die Zeichnung der Projection selbst.

Denken wir uns ein Reissbrett auf vier etwa 30 Cm. hohen Füssen, in welchem nahe einer Ecke ein grösseres Loch ausgeschnitten ist. Unter dieses Loch kommt auf den Tisch das Präparat mit dem Klotz, auf das mit Papier überspannte Reissbrett aber ein Pantograph (Storchschnabel). Zunächst ist ein Pantograph freilich nur zum Nachzeichnen von Contouren in einer Ebene zu brauchen, eine kleine Modification macht ihn aber auch für unsern Zweck geeignet.

Bringen wir an dem Storchschnabel statt des Stiftes, der über das Original zu führen ist, den Apparat Fig. 3 an. Derselbe besteht aus einem verticalen Rohr *a b* mit einer kleinen Öffnung *l* für das Auge des Beobachters, der durch *m* auf das Präparat sieht. In dem Seitenrohr *c d* steckt eine Linse *h*, welche von der feinen Öffnung *g* in dem verschiebbaren Rohr *e f* ein imaginäres

Fig. 3.

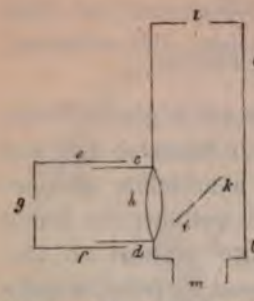


Bild in beliebiger Sehweite erzeugt, welches sich an der unbelegten Glasplatte *ik* spiegelt und auf das Präparat projicirt. Dieses Bild des hellen Punktes bringt man in die verticale Axe von *ab* und in die mittlere Distanz der anzuvisirenden Punkte. Während man den hellen Punkt langsam an den Contouren des Präparates herumführt, zeichnet der zweite Stift des Pantographen die Projection des Präparates in beliebiger Vergrösserung. Beim Ablesen wird gewöhnlich das Bild eines Gegenstandes auf ein reelles Fadenkreuz geworfen. Hier fällt umgekehrt das imaginäre Bild eines Punktes (oder Fadenkreuzes) mit dem reellen Object zusammen.

4.

Die Bewegungen der Gehörknöchelchen kann man auf verschiedene Weise ermitteln. Das von Pollitzer und Hensen benützte Befestigen von Glassonden an denselben haben wir sehr bald aufgegeben, da hiedurch, wie wir uns überzeugt haben, die Bewegungen wesentlich modificirt werden. Dagegen kann man bei Bewegung der Knöchelchen durch Luftdruck vom Gehörgange aus unbedenklich folgendes Verfahren anwenden. Man erhitzt mit der Weingeistflamme eine Nadel, trocknet damit eine Stelle des Knöchelchens, bringt alsdann noch ein Stückchen Wachs hin, welches an dieser Stelle anschmilzt, und drückt mit einer Ecke ein Stückchen eines versilberten Mikroskopdeckglases in das Wachs, indem man immer mit der heissen Nadel nachhilft.

In dem so befestigten Spiegelchen kann man nun bei Bewegung der Knöchelchen die Verschiebung eines in etwa 4 M. Entfernung aufgestellten Lichtes beobachten und das Spiegelchen so lange mit den Fingern wenden und drücken, bis diese Lichtverschiebung verschwindet. Dann weiss man, dass der Spiegel nur mehr um die Spiegelnormale gedreht wird, dass also letztere parallel ist der Drehungsaxe des Knöchelchens.

Nach der von Euler entwickelten und von Poinsot[1] in so klarer Weise ausgebildeten Anschauung kann man jede sehr

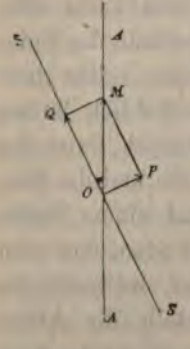
[1] Poinsot. Nouvelle théorie de la rotation des corps. Paris 1859.

kleine Bewegung eines festen Körpers um einen festen Punkt auffassen als eine einfache Axendrehung um eine durch jenen Punkt gehende Axe. Anderseits steht es aber auch frei, sich diese Bewegung durch mehrere gleichzeitige Axendrehungen hervorgebracht zu denken, sie lässt sich aber immer am einfachsten beschreiben als Drehung um eine Axe. Ist ein Körper ganz frei, so kann eine sehr kleine Bewegung desselben aus einer Verschiebung und einer gleichzeitigen Axendrehung bestehen und diese Bewegung lässt sich immer darstellen als ein Element einer Schraubenbewegung. Dieselbe kann, wenn die Ganghöhe der Schraube $=o$ wird, zu einer einfachen Axendrehung, wenn die Ganghöhe$=\infty$ wird, zu einer einfachen Fortschreitung werden. Die Lectüre der ersten sehr populär gehaltenen Seiten in Poinsot's Schrift genügt, um sich alle hieher gehörigen Verhältnisse klar zu machen.

Betrachten wir nun die Bewegungen der Gehörknöchelchen als sehr klein, so haben wir wahrscheinlich an Hammer und Amboss einfache Axendrehungen, während sich die Bewegung des Steigbügels muthmasslich nur als eine Schraubenbewegung darstellen lässt. Bestimmt man für irgend einen Punkt eines Knöchelchens die Verschiebung, die Richtung der Axe und die Grösse der Drehung um dieselbe, so lässt sich hieraus die einfachste Darstellung der Bewegung ableiten.

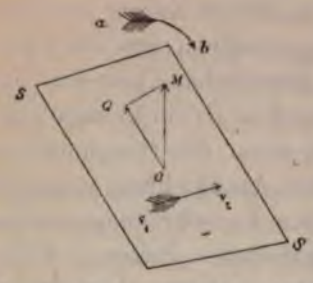
Das erwähnte, auf das Knöchelchen gesetzte Spiegelchen dient nun zunächst zur Ermittlung der Axenrichtung. Um sich den Gebrauch dieses Hilfsmittels geläufig zu machen, hat man folgendes zu bedenken. In Fig. 4 stelle SS die Spiegelebene im Durchschnitt und AA die Rotationsaxe vor. Die Axe bezeichnen wir durch einen Pfeil immer so, dass für den Beobachter mit dem Kopf in der Spitze, mit den Füssen im Schwanz des Pfeiles, die Rotation unter den Füssen im Sinne des Uhrzeigers vorgeht. Die Rotation um OM lässt sich nun zerlegen in eine Rotation um die Spiegelnormale OP und um die in der Spiegelebene in dem durch OM gelegten Normalschnitt befindliche Axe OQ. Von der Rotation um OP sieht man an dem

Fig. 4.



Lichtbilde im Spiegel nichts, bei dessen Bewegung nur die Componente OQ wirksam ist, die man eben zum Verschwinden bringen soll.

Fig. 5.



Ist Fig. 5 SS die Spiegelebene, OM die Rotationsaxe ober derselben, so dreht sich der Spiegel vermöge der Componente um die Normale im Sinne des Pfeiles ab und vermöge der Axe OQ wird ein Lichtbild in demselben von v_1 nach v_2 verschoben. Um nun letztere Componente zum Verschwinden zu bringen, denke man sich mit dem Kopfe nach v_2, mit den Füssen nach v_1 und drehe nun um sich selbst als Axe den Spiegel so, dass unter den Füssen die Rotation im Sinne des Uhrzeigers vorgeht. Hätte sich der Spiegel dem Pfeile ab entgegen gedreht, so müsste man auch die Drehung um v_1, v_2 verkehrt vornehmen. Die allgemeine Regel zur Senkrechtstellung des Spiegels auf die Rotationsaxe ist also diese: Man denke sich mit dem Kopf in die zweite, mit den Füssen in die erste Lage des Lichtbildes und drehe den Spiegel so, dass die Drehung unter den Füssen denselben Sinn hat wie die Drehung des Spiegels um die Spiegelnormale. Nach einigen Versuchen wird man die Bewegung des Lichtbildes ganz oder bis auf eine kaum merkliche Spur vernichten.

Ist letzteres geschehen, so nimmt man einen Gasbrenner in die Hand, begibt sich nahe an das Präparat und sucht eine Stellung des Auges und des Brenners, bei welcher man das Spiegelbild der Flamme im Spiegel durch die Flamme selbst hindurchsieht. Nun zieht man sich vorsichtig, diesen Anblick immer erhaltend, bis etwa auf 2 M. von dem Präparat zurück, fixirt den Brenner, nachdem man die Flamme möglichst klein und die Einstellung so genau wie möglich gemacht hat auf einem Stativ und löscht die Flamme. Dann zieht man einen Faden, den man mit einer Nadel hart an dem Spiegel und mit einer zweiten in der Spalte des Brenners befestigt. Dieser Faden stellt die Axenrichtung vor. Die Fusspunkte zweier Lothe, die man von zwei Punkten auf den mit Papier überspannten Tisch herablässt, auf

welchem das Präparat ruht, bestimmen die Horizontalprojection der Axe, sowie diese Fusspunkte und die Lothlängen selbst die Verticalprojection. Beide Projectionen kann man nun, wenn ein fester Punkt des Knöchelchens bekannt ist, wie z. B. das Ende des kurzen Ambosfortsatzes, unmittelbar in die Zeichnung eintragen.

Versetzt man das Gehörpräparat in Schallschwingungen, so könnte man gegen die Anwendung dieses Verfahrens immer noch Bedenken haben. Es ist zwar nicht zu besorgen, dass das etwa 4 □Mm. haltende dünne Spiegelchen durch sein Gewicht das Gehörknöchelchen zur Seite zieht, wie dies die Glassonden thun, allein bei der geringen Masse des Knöchelchens wird das Trägheitsellipsoid desselben dadurch nicht unbeträchtlich abgeändert, es könnte sozusagen eine Abstimmung für eine andere Axe erfolgen. Deshalb kann man zur Axenbestimmung bei Schallschwingungen so verfahren. Man bestäubt das Knöchelchen mit Goldbronze. Das Präparat steht mit dem Klotz auf dem Tisch und ober demselben das verticale Mikroskop, dessen Ocular mit dem Leson'schen Doppelspathgoniometer versehen ist. Durch letzteres sieht man jede Linie doppelt und kann dadurch, dass man den Doppelspath drehend von zwei einen Winkel einschliessenden Linien zuerst die Doppelbilder der einen Linie, dann jene der andern zusammenfallen lässt, den Winkel der beiden Linien an der Kreistheilung der Doppelspathfassung ablesen. Schwingt das Präparat, so werden die Goldpunkte in kurze Linien ausgezogen und man kann zuerst die Doppelbilder einer Coordinatenaxe oder einer derselben parallelen Linie, dann jene einer solchen Schwingungslinie ineinanderfallen lassen und deren Winkel abmessen. Man sucht nun z. B. am Ambos zwei Punkte auf, welche Schwingungslinien von merklich verschiedener Lage haben, bestimmt in der angegebenen Weise deren Horizontalprojectionen und dann durch Wendung des Präparates um 90° deren Verticalprojectionen.

Diese vier Projectionen der zwei Schwingungslinien, welche eigentlich Bogenelemente sind, die wir aber als Gerade betrachten wollen, setzen uns nun in den Stand, die Ambosaxe zu construiren. Wir bedenken, dass die Ebene, welche die Axe enthält, senkrecht steht auf der Schwingungslinie. Wir ziehen also eine

beliebige Ebene, deren Tracen senkrecht sind auf den Projectionen der einen Schwingungslinie, und eine eben solche Ebene für die zweite Schwingungslinie, construiren die Durchschnittslinie beider Ebenen und legen eine dieser Durchschnittslinie parallele Gerade durch den festen Ambospunkt. Letztere stellt die Ambosaxe vor.

5.

Wir übergehen nun zur Angabe der Bestimmungen und lassen zunächst eine Coordinatentabelle nach Messungen an der Theilmaschine folgen:

17jähriges Mädchen (rechtes Ohr).

	h^{mm}	s^{mm}	o^{mm}
Hammerkopfgrenzen	4·7	40·5	9·6
„	6·2	43·0	10·9
Hammergriffende, vordere, innere, untere Grenze	4·7	37·3	3·5
Ambos, Ende des langen Fortsatzes	6·5	38·8	6·2
Ambos, Ende des kurzen Fortsatzes	8·9	44·2	6·5
Ligament. mallei anterius, Enden	3·8	40·4	10·0
	4·7	41·3	—
Rolle d. Tensor tympani	5·1	38·1	8·0
Ansatz d. Tensor am Hammer	4·3	40·0	7·6
Schneckenkuppe	5·0	33·1	9.51
Steigbügelplatte, Grenzen	9·1	35·3	7·3
„ „	10·8	36·8	9·0
Eintritt d. acusticus	9·6	30·6	6·1
„ „	—	—	8·0
Rundes Fenster, Grenzen	—	33·8	4·4
„ „ „	—	35·3	—

15jähriger Knabe (linkes Ohr).

	s^{mm}	h^{mm}	o^{mm}
Äusserster Hammerkopfpunkt	45·0	3·9	16·0
Ligament. mallei anterius, Ansatz am Hammer	43·0	3·5	15·3

	s^{mm}	h^{mm}	o^{mm}
Ligament mallei anterius, Ansatz an d. spina tymp.	42·0	1·9	15·0
Tensor, Ansatz am Griff	41·8	3·0	12·8
Rolle d. Tensor	40·0	4·0	13·5
Ambos, Ende d. kurzen Fortsatzes	46·4	7·9	11·3
Ambos, Steigbügelgelenk	41·7	5·6	11·2
Basis d. Schneckenspindel	32·7	6·8	14·7
Schneckenkuppel	34·6	3·4	16·4

6.

Betrachten wir die auf der Tafel dargestellten Projectionen des rechten Gehörorgans. Die obere Zeichnung ist die orthogonale Projection auf eine der Ebene *SAO* parallele, die untere auf eine der Ebene *SAH* parallele Ebene. Die Zeichnungsebenen sind übrigens nach Bequemlichkeit willkürlich gewählt. Man kann die Axen *AS*, *AH*, *AO* leicht auffinden, wenn man bedenkt, dass die Projectionen in vierfacher Vergrösserung mit dem Pantographen gezeichnet sind und für den äussern Hammerkopfrand $s=42^{mm}$, für den obern Hammerkopfrand $o=8^{mm}$, für den vordern Hammerkopfrand $h=4^{mm}$ ist.

Die Contouren der Gehörknöchelchen sind unmittelbar verständlich. Knickt man die Zeichnungsebene rechtwinklig um *XX*, so liegen die Gehörknöchelchen in dem Durchschnittsraum der beiden auf den Contouren senkrecht zum Papier errichteten Cylinder. Die Contour des Trommelfells ist durch den Durchschnitt der beiden auf den Contouren errichteten Cylinderflächen bestimmt. Ausserdem wurden bei der Aufnahme auf der Contour des Trommelfells drei Punkte bestimmt, durch dieselben eine Ebene construirt und deren Tracen mit den Zeichnungsebenen durch *Tf* bezeichnet, wodurch man von der Lage der Trommelfellebene eine deutliche Vorstellung erhält.

Die Zeichnungen der Bogengänge, welche am Präparat aufgebrochen wurden, haben blos schematische Bedeutung. Doch wurden auch hier an jedem Bogengang drei Punkte markirt, durch dieselben Ebenen gelegt und deren Tracen bezeichnet. Die Ebene des obern Cirkelcanals ist mit *OC*, jene des hinteren mit *HC* und jene des horizontalen mit Hor *C* bezeichnet. Man

erhält dadurch eine recht deutliche Vorstellung von der Lage der Bogengangebenen. Die Senkrechtstellung der Bogengangebenen zu einander zeigt sich dadurch, dass die Projectionen der Durchschnittslinie je zweier Ebenen senkrecht verlaufen zu den Tracen der dritten Ebene. Doch findet dies nicht genau, sondern nur sehr nahe statt.

Die Richtigkeit der letzteren Construction wurde noch auf folgende Weise controlirt. An einem andern am Klotz befestigten Präparat wurden die Bogengänge geöffnet und Blättchen steifen Papiers, die einerseits concav nach der Form der Bogengänge ausgeschnitten waren, in die Bogengänge eingesteckt. Diese Papierblättchen stellten die Bogengangebenen vor. Man markirte nun auf einem untergelegten Papier eine Klotzkante, brachte das Auge in eine solche Lage, dass ein eingestecktes Papierblättchen sich als Linie auf dem untergelegten Papier projicirte, und zog mit dem untergelegten Lineal die Richtung dieser Linie aus, welche also eine Trace der Bogengangebene vorstellte. Dreht man den Klotz um die markirte Kante *(AS)* um 90° und wiederholt die Operation, so erhält man die zweite Trace. Die so direct gefundenen Tracen stimmen sehr gut mit den construirten.

Durch *S* ist der obere Rand der ersten Windung der Lamina spiralis der Schnecke, durch *mod* der Verlauf des Modiolus, durch *Tb* der Verlauf der Tuba angedeutet. *GG* gibt die beiläufige Stellung der Gehörorgansaxe, sofern von einer solchen der doppelten Krümmung wegen die Rede sein kann. Von letzterer ist natürlich auch bei den Bogengängen abgesehen.

Die Zugrichtung des Tensor ist mit *Ts* bezeichnet. Für den Stapedius konnte seiner Kürze wegen nur eine horizontale Projection gezeichnet werden. Man wird nicht viel fehlen, wenn man annimmt, dass dieselbe auf der Ebene *SAO* nahe senkrecht steht.

7.

Untersucht man verschiedene Gehörpräparate nach demselben Princip, so bemerkt man schon an den Formen und Lagen der Gehörknöchelchen bedeutende individuelle Verschiedenheiten. Diese individuellen Verschiedenheiten werden aber noch auffallender, wenn man die Axen der Knöchelchen zu bestimmen versucht. Auf der Tafel sind die Projectionen der Ambosaxe des

dargestellten Präparates bezeichnet und zwar stellt *AAs* die bei Druckschwankungen mit dem Spiegel, *AAm* die beim Tönen mit dem Mikroskop bestimmte Ambosaxe vor. Bei der Spiegelbestimmung hat man das mit Wachs befestigte Spiegelchen mit den Fingern so zu drehen, dass die Bewegung des Lichtes im Spiegel verschwindet. Wenn nun dies auch nicht mit jener Schärfe gelingt, wie es an einem physikalischen Apparate ausführbar wäre bei Bewegung des Spiegels mit Schrauben, so erwirbt man sich doch bald eine für den vorliegenden Zweck ausreichende Übung. Allein es bleibt eine andere Fehlerquelle übrig. Wenn man nämlich die von der Axendrehung herrührende ausgiebige Bildverschiebung zum Verschwinden gebracht hat, so bleibt noch ein gewisses, der Richtung nach variables, Schlottern des Bildes übrig, welches den letzten Rest der Axendrehung deckt und daher rührt, dass die Gelenksbewegung eben nie eine genaue einfache Axendrehung ist, sondern das Gelenk immer eine Art Wackeln zulässt. Bei grösseren Druckschwankungen kann ohnehin von einer Axendrehung nicht die Rede sein. Dann sieht man das Licht ein Dreieck durchlaufen zum Beweise, dass jetzt die Drehung nacheinander um verschiedene Axen stattfindet.

Führt man die Spiegelbestimmung vorsichtig aus, so weichen die Projectionen der Axen, bei nacheinander gemachten Bestimmungen um 2—2 $^1/_2$ Grade von einander ab. Im ungünstigsten Falle könnten also Bestimmungen an demselben Präparat um 5° differiren. Die Bestimmungen mit dem Mikroskop sind etwa mit derselben Ungenauigkeit behaftet. Die bei der Spiegelbestimmung und Mikroskopbestimmung gefundenen Differenzen lassen sich auch durch diese Ungenauigkeit allein erklären. Hat man die Bestimmung mit dem Spiegel ausgeführt und stellt nun das Mikroskop so, dass der Spiegel am Knöchelchen zur Linie verkürzt erscheint, so zeigen sich beim Schwingen die Schwingungslinien der Spiegellinie parallel. Dadurch ist, so weit der Augenschein entscheiden kann, das Zusammenfallen der Druckschwankungs- und der Schwingungsaxe dargethan.

Enorme Differenzen findet man nun, wenn man dieselbe Axe nacheinander an verschiedenen Präparaten bestimmt. Wir wollen dies Verhältniss durch eine kleine Tabelle anschaulich machen, in welcher wir die Winkel der Axenprojectionen auf *OAS* mit *AS*

und der Axenprojectionen auf *HAS* mit *AH* zusammenstellen. Hiebei bezeichnen wir für die erstere Projection denjenigen Winkel als positiv, um welchen für den Beobachter mit den Füssen in *A*, mit dem Kopfe in *H*, eine der *AS* parallele Linie im Sinne des Uhrzeigers gedreht werden muss, damit sie die Axenprojection darstellt. Für die zweite Projection bezeichnen wir den Winkel positiv, um welchen eine der *AH* parallele Gerade für den Beobachter mit den Füssen in *A*, mit dem Kopfe in *O*, im Sinne des Uhrzeigers gedreht werden muss, damit sie die Axenprojection vorstellt. Drei Präparate, an denen die Spiegelbestimmung vorgenommen wurde, bezeichnen wir mit I, II, III, wobei I das auf der Tafel dargestellte Präparat ist.

	Ambos		Hammer		Steigbügel	
	$\widehat{OAS}$	$\widehat{HAS}$	$\widehat{OAS}$	$\widehat{HAS}$	$\widehat{OAS}$	$\widehat{HAS}$
I	+59°	−32°	. .	. .	. .	. .
II	−25°	−35°	−12°	−35°	+ 3°	−45°
III	+15°	−35°	+16°	−40°	+26°	−44°

Bei den Präparaten II und III lag die Axe des Steigbügels sehr nahe dem untern Rand der Steigbügelplatte, so dass man ohne merklichen Fehler annehmen konnte, die Drehung finde um diesen Rand statt. Auch war bei II und III eine andere Bewegung nicht merklich. Das Präparat I verhielt sich hingegen wesentlich anders. Man sah den obern Rand der Steigbügelplatte mehr labyrintheinwärts gehen, doch bewegte sich auch der untere Rand einwärts. Der vordere Rand trat mehr einwärts als der hintere. Ausserdem fand für den Beobachter mit den Füssen auf der rechten Steigbügelplatte mit dem Kopfe im Labyrinth eine Drehung der Steigbügelplatte im Sinne des Uhrzeigers statt. Diese combinirte Stempelbewegung und Drehung hätte als eine Schraubenbewegung beschrieben werden können, wenn nicht die Bestimmung der Schraubenelemente durch die Kleinheit der Bewegungen, die eine sichere Messung nicht zuliessen, vereitelt worden wäre. Solche Verhältnisse wurden wiederholt an verschiedenen Präparaten beobachtet.

Man sieht hieraus, dass in dem Bewegungsmechanismus der Knöchelchen sich bedeutende individuelle Schwankungen zeigen. Die Lage der Axen ist nicht nur in den Knöchelchen, wie

Buck[1] gefunden hat, sondern auch im Kopfe eine sehr verschiedene. Man wird hiernach nicht geneigt sein, der Lage der Axen eine hohe akustische Bedeutung beizumessen. Ist somit auch das Ergebniss unserer Untersuchung ein negatives, so wird man doch zugeben, dass ein sicheres Urtheil darüber, was am Gehörorgan variirt, nur gewonnen werden kann, wenn man, wie dies hier geschehen ist, subjective Momente bei der Untersuchung möglichst vermeidet.

8.

Die Wirkung der Binnenohrmuskel lässt sich sehr gut aus den Zugrichtungen derselben und aus der Lage der Axen begreifen. Präparirt man die Muskel, wie dies in einer frühern Abhandlung beschrieben ist, und befestigt Fäden an denselben, so ist ihre Wirkung sehr leicht zu beobachten, wenn man an den Fäden zieht. Zug am Tensor treibt den Hammerkopf auswärts, denn die ganze Zugrichtung verläuft unter der Hammeraxe. Die Beweglichkeit der Knöchelchen wird durch Spannung des Tensor sehr vermindert. Der Umbo des Trommelfells büsst ebenfalls seine Beweglichkeit ein. Dagegen bleibt die Krümmung des Trommelfells noch so veränderlich wie zuvor.

Zug am Stapedius treibt den Hammerkopf einwärts und dreht zugleich die Kette der Gehörknöchelchen am rechten Ohr von oben gesehn um eine nahe verticale Axe dem Sinne des Uhrzeigers entgegen. Beides ist auch aus der Zeichnung begreiflich. Der Stapediuszug muss den Winkel zwischen dem Steigbügel und dem Linsenbein des langen Ambosfortsatzes verkleinern, und da der Steigbügel im ovalen Fenster sehr wenig beweglich ist, so kann sich diese Streckung der Gehörknöchelchenkette nur dadurch äussern, dass der untere Theil derselben auswärts, der obere einwärts geht. Die Drehung dem Uhrzeiger entgegen ist ebenfalls aus der Zugrichtung des Stapedius verständlich.

Bei der Auswärtsbewegung des Trommelfells, welche durch den Stapediuszug hervorgebracht wird, sieht man auf dem Trommelfell eine ringförmige Falte gegen den Umbo vorrücken.

[1] Buck. Untersuchungen über den Mechanismus der Gehörknöchelchen. Archiv für Augen- und Ohrenheilkunde von Moos und Knapp. I. Bd. S. 121.

Stapediuszug afficirt viel mehr die Beweglichkeit des Ambos als jene des Hammers.

B. Stroboskopische Beobachtung der Schwingungen in der Trommelhöhle.

1.

Das Licht des Heliostaten wird durch eine Linse gesammelt und das Sonnenbild fällt auf den Fensterladenspalt. Dieses Sonnenbild wird durch den Spaltenschirm einer galvanischen Unterbrechungsgabel von 256 einfachen Schwingungen in der Sekunde unterbrochen. Der aus der Spalte tretende Lichtkegel wird durch eine weitere Linse wieder auf dem Präparat concentrirt, welches durch eine Pfeife von nahe 256 Schwingungen erregt wird, indem man ein Kautschukrohr aus dem Knoten der Pfeife zum Gehörgang führt.

Das Präparat ist entweder ein halber, in der beschriebenen Weise an einem Klotz befestigter Kopf oder auch ein einfaches Felsenbein, welches in einem Träger befestigt wird. Die Trommelhöhle ist in der Regel von oben geöffnet, nur wo es sich um die Beobachtung der Membran des runden Fensters handelt, wird die Trommelhöhle von unten geöffnet. Das Mikroskop zur Beobachtung des Präparates befindet sich auf einem besondern Stativ.

Durch Stimmen der Pfeife kann man beliebig langsame Schwebungen zwischen Pfeife und Gabel und damit eine beliebig langsame stroboskopische Bewegung des Präparates erzielen. Stellt man die durch eine Schraube verschiebbare Fensterladenspalte so, dass das Licht beim Durchgange der Stimmgabel durch die Gleichgewichtslage eingelassen wird, so tritt dasselbe bei jeder Schwingung zweimal ein. Dann erscheint der schwingende Theil des Präparates doppelt, oder genauer, man sieht stets zwei um eine halbe Schwingung abstehende Phasen gleichzeitig. Diese Anordnung ist vortheilhaft, wenn man die äussersten Lagen nebeneinander beobachten will.

Stellt man hingegen die Fensterladenspalte so ein, dass bei einem Excursionsmaximum der Stimmgabel der Lichteinlass stattfindet, so erscheint der schwingende Theil des Präparates einfach.

[1] Wegen der Details der stroboskopischen Methode vergl. man: Mach, optisch-akustische Versuche. Prag. Calve. 1873. S. 63.

2.

Die Bewegungen, welche man beobachtet, sind nun folgende. Bei Ankunft der Verdichtungsphase der Schallwelle im Gehörgange flacht sich das Trommelfell ab und wird sogar schwach nach innen (trommelhöhleneinwärts) convex. Hiebei sieht man eine ringförmige Falte vom Umbo gegen die Peripherie fortschreiten, welche natürlich bei Auswärtsbewegung des Trommelfells wieder gegen den Umbo zurückkehrt. Zugleich kann man bemerken, dass die längeren hinteren Trommelfellfasern sich noch immer einwärts bewegen, während die vorderen kürzeren keine Bewegung mehr zeigen. Die bei der Einwärtsschwingung auszuführende Bewegung ist nämlich bei den vordern Fasern früher beendigt.

Bei Einwärtsbewegung des Trommelfells wird natürlich der Hammergriff mitgenommen. Der Hammerkopf geht vermöge der Lage der Axe auswärts und nimmt den Amboskörper mit, wobei das Ende des kurzen Ambosfortsatzes fast unbewegt bleibt, während der lange Fortsatz einwärts geht und den Steigbügel labyrintheinwärts drückt. Man kann sehen, dass der Hammerkopf etwas im Gelenk schleift, so dass die Excursionen des Amboses kleiner ausfallen als jene des Hammers. Dies sieht man sehr hübsch, wenn man zwei Haarstückchen so auf beide nasse Knöchelchen legt, dass das Stück am Hammer die Verlängerung des Stückes am Ambos bildet. Man erkennt dann, dass die aneinanderstossenden Haarenden nicht in Coïncidenz bleiben, sondern der Hammer grössere Excursionen macht. Klebte man das Gelenk durch etwas Wachs fest, so wurde an einem Präparat die Excursion des Hammers auf den vierten Theil herabgesetzt.

Das Steigbügelköpfchen sieht man bei der Einwärtsbewegung des Trommelfells in der Regel etwas nach vorne und oben rücken, was damit zusammen hängt, dass der obere und vordere Rand der Steigbügelplatte sich meist stärker labyrintheinwärts bewegt. Selbstverständlich ist es, dass mit der Lage der Steigbügelaxe, die ja, wie wir gesehen haben, sehr individuell ist, sich auch die Masse dieser Bewegungen ändern. An dem Präparat I konnte man auch stroboskopisch eine Drehung der rechten Steigbügelplatte um die Normale der Platte beobachten, welche bei

Bewegung des Steigbügels labyrintheinwärts für den Beobachter im Labyrinth im Sinne des Uhrzeigers vorging. Diese Rotation schien an manchen Präparaten wieder ganz zu fehlen.

Bei Einwärtsbewegung des Steigbügels sieht man die Membran des runden Fensters auswärts gehen. Bei von unten eröffneter Trommelhöhle lässt sich das Präparat so legen, dass man den Umbo des Trommelfells, das Steigbügelköpfchen und die mit Goldbronze bestäubte Membran des runden Fensters bei geringen Vergrösserungen gleichzeitig im Gesichtsfeld hat. Über die Form der Membran des runden Fensters hat man nun zwar kein directes stereoskopisches Urtheil, kann sich aber leicht klar machen, auf welche Weise sich die Auswärtsbewegung eines Goldstäubchens derselben auf das Bild projiciren muss. Man findet nun, dass sobald der Umbo des Trommelfells trommelhöhleneinwärts und das Steigbügelköpfchen labyrintheinwärts geht, die Membran des runden Fensters in demselben Tempo labyrinthauswärts sich bewegt.

Wendet man stärkere Vergrösserungen an, bei welchen man blos die Membran des runden Fensters im Gesichtsfeld hat, so kann ein zweiter Beobachter mit der Lupe oder dem Mikroskop von oben her den Hammerkopf beobachten und das Tempo zählen, etwa 1 bei der Auswärts- und 2 bei der Einwärtsbewegung des Hammerkopfes. Auf 1 sieht nun der erste Beobachter die Membran des runden Fensters labyrinthauswärts gehen.

3.

Wir haben die stroboskopische Beobachtung auch bei Erregung des Präparates durch mehrere gleichzeitige Töne ausgeführt. Wenn neben der Pfeife von 256 Schwingungen gleichzeitig eine andere von der doppelten oder vierfachen Schwingungszahl angewandt wurde, so sahen wir das Trommelfell und die Gehörknöchelchen während einer stroboskopischen Schwingung noch ganz deutlich zwei oder vier Absätze machen. Es macht also der ganze Trommelhöhlenapparat, wie es scheint, die Luftbewegung genau nach. Wir haben gelegentlich auch bei höheren Tönen die stroboskopische Beobachtung ausgeführt. Bei Zunahme der Schwingungszahl werden aber die Bewegungen bald so klein, dass die sichere Beobachtung aufhört.

Wie man sieht, stimmen, so weit die Beobachtung reicht, unsere Ergebnisse mit der von E. H. Weber[1] aufgestellten von Pollitzer experimentell, von Mach[2] und später von Helmholtz[3] theoretisch begründeten Anschauung über die Mechanik des Gehörorgans.

4.

Wir wollen auch für einen speciellen Fall die Grösse der Excursionen anführen. Bei Erregung durch die Pfeife von 256 einfachen Schwingungen und einer aus Flammenbeobachtungen bestimmten akustischen Druckschwankung von +0·0053 Atmosphären im Gehörgange waren die Excursionen des Umbo am Trommelfell 0·5 Mm., des oberen Hammerkopfrandes 0·32 Mm., des Steigbügelköpfchens 0·06 Mm. Diese Bestimmungen sind mit dem Ocularmikrometer ausgeführt.

5.

Dieser schematischen Beschreibung der Bewegungen wollen wir die detaillirtere Beschreibung der Vorgänge an den Gelenken und Bändern folgen lassen, wie sie Kessel bei dem stroboskopischen Verfahren und übereinstimmend auch bei einfachen Druckschwankungen beobachtet hat. Die Construction des Hammerambosgelenkes sowie diejenige des Ambossteigbügelgelenkes ist derart, dass Verschiebungen der Gelenkflächen aneinander, respective an einer zwischen den letzteren eingefügten Faserknorpelscheibe, ermöglicht sind und in der That ausgeführt werden. Der Umstand, dass diese Faserknorpelscheibe in allen von uns beobachteten Fällen nicht ganz frei im Gelenke steckt, sondern stellenweise die Gelenksflächen mit einander verbindet, spricht nicht gegen die Thatsache, da man leicht beobachten kann, dass solche Gelenke nicht blos Verschiebungen bei Druckschwankungen, sondern auch akustische Bewegungen leicht

---

[1] E. H. Weber, Berichte über die Verhandl. d. sächs. Gesellschaft. 1851.

[2] Mach, zur Theorie d. Gehörorgans. Sitzb. d. Wiener Akademie. 48. Bd. 1863.

[3] Helmholtz, Mechanik d. Gehörknöchelchen. Pflüger's Archiv. I. Jahrgang (1867).

gestatten. Die Spalten, welche zwischen den Gelenksflächen und der Faserknorpelscheibe bleiben, sind von der Gelenksflüssigkeit gefüllt und communiciren untereinander.

Während der Verdichtungsphase der Schallwelle geht der Hammerstiel von vorn aussen nach hinten innen und dreht sich etwas, so dass das Köpfchen des kurzen Fortsatzes von oben nach unten und hinten geführt wird. Der Hammerkopf führt hiebei eine bogenförmige Auswärtsbewegung aus und hebt sich etwas. Gleichzeitig findet eine Verschiebung der beiden Gelenksflächen aneinander statt, indem die obere concave Gelenksabtheilung des Hammers etwas weiter lateralwärts geht als die entsprechende convexe obere des Amboses. Durch die Abweichung der untern Spitze des Hammerstieles nach hinten und durch seine Drehung werden die medialen und oberen Gelenksränder von einander entfernt und die lateralen an der untern Abtheilung einander genähert. Dem entsprechend wird die Gelenkkapsel der ersteren beiden Partien an- und der letzteren abgespannt.

Während der Verdünnungsphase der Schallwelle schleift der Hammerkopf zurück, jedoch beträchtlich weiter über seine Ruhelage hinaus als in entgegengesetzter Richtung. Die medialen Gelenkränder werden einander genähert und die lateralen von einander entfernt, am weitesten in der Gegend des Sperrzahnes. Die Gelenkkapsel sinkt an der oberen und medialen Seite rinnenförmig ein, während sie sich in der Verdichtungsphase hervorwölbt. Die Einsenkung und Hervorwölbung der Kapsel rührt zum Theil von den Verschiebungen der Faserknorpelscheibe des Gelenkes, zum Theil von der Verschiebung der Gelenkflüssigkeit her. In der Verdünnungsphase schwingt das Trommelfell und mit ihm der Hammerstiel nach aussen, der Sperrzahn schleift aus seiner Grube heraus, die Gelenkflüssigkeit dringt in die untere Gelenkabtheilung ein, wobei eben die Kapsel an der obern und medialen Seite rinnenförmig einsinkt. In der Verdichtungsphase tritt der Sperrzahn wieder in seine Grube und verdrängt die Flüssigkeit nach oben, wobei sich die Kapsel hervorwölbt. Ähnliche Verschiebungen führt auch die Faserknorpelscheibe aus. Hier soll erwähnt werden, dass der Sperrzahn des Amboses nicht von seinem unteren medialen Gelenksrand

gebildet wird, sondern von einer Leiste, welche zwei grubenförmige Vertiefungen an der untern Gelenkabtheilung des Ambosses von einander scheidet. In der lateralen tiefern Grube schleift der Sperrzahn des Hammers, in der seichteren medialen Grube liegt die flache Knorpellippe, welche ausser dem Sperrzahn die untere Gelenkabtheilung des Hammers bilden hilft. Von dieser Leiste fällt eine Wand steil ab nach der Tiefe der Gelenkgrube des Sperrzahnes, und sie ist es, an welche er sich bei seiner Einwärtsbewegung anstemmt. Der feste Schluss des Gelenkes ist auch dann noch hergestellt, wenn die medialen Gelenkränder sich von einander entfernen, wie dies in der Verdichtungsphase geschieht. Selbstverständlich wirkt auch der Bandapparat zur Festigung mit, doch kann man sich von der erwähnten Thatsache auch an den von der Kapsel und den Bändern befreiten Gehörknöchelchen überzeugen, wenn man sie nach der von Helmholtz angegebenen Methode aneinanderfügt. Diese Art des Gelenkschlusses ermöglicht die schon beschriebenen Bewegungen des Hammerkopfes nach vorn und hinten und ebenso die Drehung, eine Thatsache auf die Helmholtz[1] bereits hingewiesen hat. Man kann sich demnach die Hammerbewegung als eine combinirte Bewegung um drei Axen, eine horizontale (von vorn nach hinten gehende), eine transversale und eine verticale vorstellen.[2]

6.

Die Bewegungen des Ambosses sind abhängig von den Bewegungen des Hammers, der Construction der Gelenke und dem Bandapparat, welcher beide Knöchelchen untereinander und mit den festen Wänden der Paukenhöhle verbindet. Wenn in der Verdichtungsphase der Hammerstiel einwärts gedrängt wird, so tritt der lange Ambosstiel und das Linsenbein labyrintheinwärts.

---

[1] Mechanik der Gehörknöchelchen. Pflüger's Archiv, Bd. I, p. 25.

[2] Die Verschiebungen des Hammergriffes in den Richtungen der erwähnten Componenten sind den Ohrenärzten bekannte Erscheinungen (Horizontallagerung und Rotation des Hammerstieles, die constant gewisse häufige Erkrankungen des Mittelohres begleitet).

Der obere Rand des Amboskörpers geht auswärts und nähert sich seiner Nischenwand. Durch die beschriebenen Drehungen des Hammers um die transversale und verticale Axe und gleichzeitige Verschiebung nach oben werden auch am Ambos noch weitere Bewegungen bedingt. Bei der Drehung um die transversale Axe nämlich stösst der Sperrzahn an die obere Amboswand der Gelenkgrube, wodurch der Amboskörper etwas gehoben, der lange Ambosstiel und das Linsenbein aber etwas nach vorn geführt und dem Hammerstiel genähert wird. Bei der Rotation um die verticale Axe werden die äussern Flächen des Hammerkopfes und Amboskörpers etwas concav nach aussen gegeneinander gestellt, die medialen Gelenksränder von einander entfernt und das Linsenbein der Medianebene genähert, wobei noch zu erwähnen, dass durch die Hebung des Hammers auch das Linsenbein etwas nach oben steigt. An der Spitze des kurzen Ambosfortsatzes lässt sich ein Umwälzen beobachten, wobei die medialen und lateralen Haftbänder abwechselnd an- und abgespannt werden.

7.

Von Interesse sind die Bewegungen des Ambossteigbügelgelenkes, da sie mit jenen des Steigbügelfusstrittes im Zusammenhange stehen. Zunächst wollen wir bemerken, dass die Gelenkfläche des Steigbügelköpfchens mit dem oberen und vorderen Gelenkrand etwas weiter von der Medianebene absteht. Hiedurch bestimmen sich nun leicht die Bewegungen der Fussplatte.

Es wurde bereits bemerkt, dass das Linsenbein bei Einwärtsbewegung des Trommelfells nach innen, vorn und oben rückt; hier muss hinzugefügt werden, dass es dabei stark im Gelenk gleitet. Man thut gut, die Paukenhöhle von oben, vorn und unten zu öffnen, um die erwähnten Bewegungen zu verfolgen, wobei das Schleifen des Linsenbeines von hinten nach vorn am besten von oben, das Heben und Einwärtsdrängen gut von vorn her zu sehen ist.

Die Bewegungen der Fussplatte des Steigbügels beobachtet man am besten von der Labyrinthseite aus, indem man unter Schonung des Vorgebirges den Vorhof abträgt. Bei positivem

Drucke im Gehörgange wird der ganze Fusstritt labyrintheinwärts gedrängt. Der Fortgang der Bewegung ist durch die anatomischen Verhältnisse bedingt. Es ist durch Eisell bekannt, dass die Fasern des Ringbandes oben sowohl als unten vom hintern Trittpol zum vordern an Länge zunehmen. Es ist nun klar, dass die Bewegung des Fusstrittes am hintern Pole zunächst sistirt wird. In Folge des Gleitens des Linsenbeines von hinten nach vorn tritt die Spitze des vorderen Trittpoles mehr nach innen als die hintere. Dann findet in Folge der Bewegung des Linsenbeines ein Umklappen des oberen Randes des Fusstrittes nach dem Labyrinth zu statt und gleichzeitig die schwache schon beschriebene Drehung der ganzen Fussplatte um eine zu ihrer Ebene senkrechte Axe.

8.

Von den Haftbändern, welche die Gehörknöchelchen an die knöcherne Wand der Paukenköhle fixiren, wird das Ligamentum mallei externum (Helmholtz) in der Verdichtungsphase ab- und die unteren Fasern des Ligamentum mallei anterius werden angespannt. Die Sehne des Trommelfellspanners wird unter denselben Umständen entspannt und nach oben gedrängt, wobei gleichzeitig die Membran, die zwischen der Sehne, dem Ligamentum mallei anterius und der Tuba angespannt ist, erschlafft. Der Stapedius wird von dem Steigbügelköpfchen nach innen vorn und oben gezogen.

E. Mac

Projection auf H.S.

Stanford University Libraries

SITZUNGSBERICHTE

DER

KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE CLASSE.

LXIX. Band.

DRITTE ABTHEILUNG.

4.

Enthält die Abhandlungen aus dem Gebiete der Physiologie, Anatomie und theoretischen Medicin.

XIII. SITZUNG VOM 15. MAI 1874.

Das k. k. Ackerbau-Ministerium übermittelt, mit Note vom 3. Mai, ein Schreiben des Cavaliere Francesco Tovo und seines Sohnes Emanuele aus Turin, nebst einem mikroskopischen Präparate, welches die Erfindung der Einsender, der Muskelfaser des Panthers das Ansehen und die Spaltbarkeit des Flachses zu geben, illustriren soll.

Die Hellenische National-Bibliothek zu Athen dankt, mit Zuschrift vom 13./25. April, für die Betheilung mit den akademischen Druckschriften.

Der Secretär legt folgende eingesendete Abhandlungen vor:

„Über die Quelle der Magensaftsäure." II. Vorläufige Mittheilung, vom Herrn Prof. Dr. R. Maly in Innsbruck.

„Über den Werth und die Bereitung des Chitinskelett's der Arachniden für mikroskopische Studien", vom Herrn geh. Medicinalrath Prof. Dr. Lebert in Breslau.

„Uber neue und ungenügend bekannte Vögel von Neu-Guinea und den Inseln der Geelvinksbai". IV. Mittheilung, vom Herrn Dr. Ad. Bernh. Meyer.

Herr Prof. Dr. V. v. Lang übergibt eine für den Anzeiger bestimmte Notiz des Herrn Prof. A. Toepler in Graz: „Über eine eigenthümliche Erscheinung auf der elektrischen Funkenstrecke."

Derselbe legt ferner eine von ihm selbst ausgeführte Untersuchung: „Über Glycerin-Krystalle" vor.

Herr Dr. L. J. Fitzinger überreicht eine Abhandlung, betitelt: „Kritische Untersuchungen über die Arten der natürlichen Familie der Hirsche *(Cervi)*." I. Abtheilung.

Herr Hofrath Dr. E. Ritt. v. Brücke legt eine im physiologischen Institute der Wiener Universität ausgeführte Abhandlung des Herrn Dr. Anton Rühlmann aus St. Petersburg vor,

betitelt: „Untersuchungen über das Zusammenwirken der Muskeln bei einigen häufiger vorkommenden Kehlkopfstellungen.“

Se. Excellenz, Herr Feldzeugmeister Fr. Ritter v. Hauslab überreicht eine Abhandlung: „Über die Naturgesetze der äusseren Formen der Unebenheiten der Erdoberfläche.“

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Accademia Pontificia de'Nuovi Lincei: Atti. Anno XXVII, Sess. 3ª. Roma, 1874; 4°.

Akademie der Wissenschaften, Kgl. Preuss., zu Berlin: Monatsbericht. Juli & August 1873. Berlin; 8°.

American Chemist. Vol. IV, Nr. 10. Philadelphia, 1874; 4°.

Annalen der k. k. Sternwarte in Wien. Dritte Folge. XXI. Bd. Jahrgang 1871. Wien, 1874; 8°.

Apotheker-Verein, allgem. österr.: Zeitschrift (nebst Anzeigen-Blatt). 12. Jahrgang, Nr. 13—14. Wien, 1874; 8°.

Archiv der Mathematik und Physik. Gegründet von J. A. Grunert, fortgesetzt von R. Hoppe. LVI. Theil, 2. Heft. Leipzig, 1874; 8°.

Association, The American Pharmaceutical: Proceedings. XXIIe Meeting. Philadelphia, 1874; 8°.

Astronomische Nachrichten. Nr. 1986—1988 (Bd. 83. 18—20.) Kiel, 1874; 4°.

Bibliothèque Universelle et Revue Suisse: Archives des Sciences physiques et naturelles. N. P. Tome XLIX, Nr. 196. Genève, Lausanne, Paris, 1874; 8°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Tome LXXVIII, Nrs. 16—17. Paris, 1874; 4°.

Cosmos di Guido Cora. Vol. II. 1874. I. Torino; 4°.

Gesellschaft, k. k. geographische, in Wien: Mittheilungen. Bd. XVII (neuer Folge VII), Nr. 4. Wien, 1874; 8°.

— österr., für Meteorologie: Zeitschrift. IX. Band, Nr. 9. Wien, 1874; 4°.

— Naturforschende, in Basel: Verhandlungen. VI. Theil, 1. Heft. Basel, 1874; 8°.

— Physikalische, zu Berlin: Die Fortschritte der Physik im Jahre 1869. XXV. Jahrgang. I. & II. Abthlg. Berlin, 1873 & 1874; 8°.

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Wochenschrift. XXXV. Jahrgang, Nr. 18—20. Wien, 1874; 4°.

Institution, The Royal, of Great Britain: Proceedings. Vol. VII, Parts I—II. Nrs. 58—59. London, 1873 & 1874; 8°. — List of the Members etc. 1873. London; 8°.

Istituto, Reale, Veneto di Scienze, Lettere ed Arti: Memorie. Vol. XVIII, Parte 1ª. Venezia, 1874; 4°. — Atti. Tomo IIIº. Serie IVª, Disp. 2ª—3ª. Venezia, 1873—74; 8°.

Jahres-Bericht der Lese- und Rede-Halle der deutschen Studenten in Prag. Vereinsjahr 1873—74. Prag, 1874; 8°.

Landbote, Der steirische. 7. Jahrgang, Nr. 9. Graz, 1874; 4°.

Landwirthschafts-Gesellschaft, k. k., in Wien: Verhandlungen und Mittheilungen. Jahrgang 1874, Nr. 7. Wien; 4°.

Militär-Comité, k. k. techn. & administrat.: Bericht über die Thätigkeit und die Leistungen desselben im Jahre 1873. Wien, 1874; 8°.

Mittheilungen, Mineralogische, von G. Tschermak. Jahrgang 1874, Heft 1. Wien; 4°.

Moniteur scientifique du Dᵗᵉᵘʳ Quesneville. 389ᵉ Livraison. Paris, 1874; 4°.

Nature. Nr. 235, Vol. IX; Nr. 236, Vol. X. London, 1874; 4°.

Offenbacher Verein für Naturkunde: XIII.—XIV. Bericht. Offenbach a. M., 1873; 8°.

Osservatorio del R. Collegio Carlo Alberto in Moncalieri: Bullettino meteorologico. Vol. VIII. Nr. 10. Torino, 1873; 4°.

Reichsanstalt, k. k. geologische: Verhandlungen. Jahrgang 1874, Nr. 7. Wien; 4°.

Reichsforstverein, österr.: Österr. Monatsschrift für Forstwesen. XXIV. Band. Jahrgang 1874. Mai & Juni-Heft. Wien; 8°.

„Revue politique et littéraire", et „Revue scientifique de la France et de l'étranger". IIIᵉ Année, 2ᵉ Série, Nrs. 44—45. Paris, 1874; 4°.

Società degli Spettroscopisti Italiani: Memorie. Appendice al Vol. II. Anno 1873. Palermo, 1874; 4°.

Société Botanique de France: Bulletin. Tome XXᵉ. 1873. Revue bibliographique. E. Paris; 8°.

Society, The Asiatic, of Bengal: Proceedings. Nr. X. December 1873. Calcutta; 8°. — *Bibliotheca Indica.* New Series. Nrs. 208, 287, 289—291, 293, 295—296, 299. Calcutta & London, 1873 & 1874; 8°.

Verein, physikalischer, zu Frankfurt am Main: Jahres-Bericht für 1872—1873. Frankfurt a. M.; 8°.

— Naturwissenschaftlicher, zu Bremen: Abhandlungen. III. Bd., 4. (Schluss-) Heft; IV. Band, 1. Heft, nebst Beilage Nr. 3. Bremen, 1874; 8°.

Wiener Medizin. Wochenschrift. XXIV. Jahrgang, Nr. 18—19. Wien, 1874; 4°.

Wolf, Rudolf, Astronomische Mittheilungen. XXXV. 8°.

Über die Quelle der Magensaftsäure.

Von **Rich. Maly** in Innsbruck.

II. Vorläufige Mittheilung.

Anschliessend an meine der Akademie gemachte Mittheilung vom 12. März komme ich heute zu der Frage, ob eine Milchsäurebildung im Drüsenbereich der Schleimhaut des Magens stattfinde, denn nur in diesem Falle hat die in der vorigen Mittheilung besprochene Dissociation der Neutralchloride durch Milchsäure eine physiologische Bedeutung.

Um zunächst zu sehen, ob sich der Magenschleimhaut eines Säugethieres eine säurebildende Kraft abgewinnen lasse, die so beträchtlich ist, dass man daran denken konnte, die Natur der Säure selbst zu erforschen, wurde mit abpräparirter Schweinsmagenschleimhaut eine Reihe von Brütversuchen (bei 40°) gemacht, welche zeigten, dass dabei aus allen gewöhnlichen Zuckerarten reiche Mengen einer Säure gewonnen werden können. Beispielsweise sei irgend ein Versuch herausgenommen. Gleich grosse Schleimhautstücke wurden in Probecylindern mit je 100 CC. 2%iger Lösungen verschiedener Kohlenhydrate übergossen. Zu 1 kam Traubenzucker, zu 2 Milchzucker, zu 3 Dextrin und 4 erhielt nur Wasser. Die Cylinder wurden in die Löcher einer hölzernen auf einem Wasserbade schwimmenden Platte (nach Paschutin) gebracht, und das Wasser auf 40° erhitzt. Nach 14stündigem Digeriren verbrauchten je 30 CC. zur Neutralisation

von 1.....2·4 CC. Lauge[1]
„ 2.....2·4 „ „
„ 3.....2·0 „ „
„ 4.....1·4 „ „

[1] Nach einer Oxalsäure mit 10 Grm. im Liter gestellt.

Die Säurebildung nahm noch weiter rasch zu; 4 Stunden später verbrauchten je 22 CC. zur Neutralisation

von 1.....4·8 CC. Lauge
„ 2.....3·8 „ „
„ 3.....4·3 „ „
„ 4.....0·7 „ „

Dieser Versuch lehrt, dass die Schleimhaut zwar für sich schon Säure bildet, dass sie dies aber in viel höherem Grade bei Gegenwart von Kohlehydraten zu thun vermag. Das Säurebildungsmaterial der Schleimhaut scheint nach wenigen Stunden erschöpft zu sein; bei Zugabe von Kohlehydraten geht die Säurebildung weiter.

Eine solche Wirkung der Schleimhaut hatte von vorneherein den Charakter einer Fermentwirkung, und sie stimmt auch in dem einzigen, für die Gesammtfermente gültigen Charakteristicum überein, dem, dass, wenn die Schleimhautstücke vorher auf 100 erhitzt worden sind, eine nachherige Säurebildung ausbleibt. Spuren von Säure bilden sich zwar auch noch, wenigstens bei langem Digerien mittelst gekochter Schleimhaut; erhitzte man aber Schleimhautstücke in ein Glasrohr eingeschlossen im Paraffinbade auf 110, so blieb Säurebildung ganz aus, und nur Spuren von Ferment regenerirten sich in einer Probe wieder, was an eine analoge vom diastatischen Ferment bekannte Erscheinung erinnert.

Zieht man zerhackte und mit Glaspulver zu einem Magma zerriebene Magenschleimhaut (Schwein) mit Wasser aus und filtrirt durch mehrfaches Filter, so erhält man ein schwach opalisirendes Infus, das wie die Membran selbst sich verhält und Zuckerlösungen zugemischt, diese bei 35—40° stark sauer macht.

Auch 1 Jahr lang unter Glycerin aufbewahrte Schleimhaut und das Wittich'sche Glycerin selbst producirten unter den genannten Umständen etwas Säure, aber sehr viel weniger als frische Haut; hingegen konnte mittelst von einem Fistelhunde gewonnenen Magensaftes keine Spur einer Säurebildung unter den genannten Umständen beobachtet werden.

Wenn die in die Haut des Magens imbibirte Zuckerflüssigkeit zu Säure wird, so ist die Vermuthung gerechtfertigt, dass auch der im Blutplasma gelöste mit dem Gesammtblute durch die Magenhautgefässe kreisende Zucker dieselbe Umwandlung erfährt. Das Blutplasma ist bekanntlich zuckerhältig, es enthält davon etwa 0·15% unter normalen Verhältnissen.

Diese Vermuthung führte zu Versuchen, bei denen im Blutserum, dessen Alkalität austitrirt war, Magenschleimhautstücke bei Thierwärme digerirt wurden. Das Blutserum war vom Ochsen und frisch, die Magenschleimhaut vom Schwein. Im übrigen war die Adjustirung der Versuche die gleiche wie vorher, indem die Serumproben mit dem Gewebe und zur Controle Serum ohne Zusatz in den in das 40° warme Wasser gesenkten Cylindern digerirt wurden. Zahlen hier übergehend, sei bemerkt, dass auch im Serum immer eine Säurebildung durch die Schleimhaut beobachtet wurde, indem die Alkalität eines solchen Serums viel geringer war als die des zur Controle ohne Zusatz digerirten Serums.

Um nun endlich die Natur der Säure zu bestimmen, welche unter Wirkung des Schleimhautfermentes aus den Kohlehydraten entsteht, wurden grössere Mengen von Trauben- oder Rohrzuckerlösungen der Wirkung zerhackter Schleimhaut bei 40° ausgesetzt, und die Säure in dem Masse, als sie sich bildete, mit Natronlauge abgesättiget. Da schon von vorneherein es wahrscheinlich war, dass man es mit Milchsäure werde zu thun haben, wurde ein direct darauf zielendes Verfahren eingeschlagen und es war leicht, grosse Mengen von milchsaurem Zink zu erhalten, für dessen Natur folgende Zahlen Belege sind:

Gährungsmilchsaures Zink $(C_3H_5O_3)_2Zn.3H_2O$ verlangt:	Gefunden im Präparate aus Traubenzucker		aus Rohrzucker	
	I	II	I	II
Wasser.. 18·18%	18·10%	18·13%	17·61%	18·27%
Zinkoxyd 26·72%	26·42%	27·30%	27·70%	27·09%

Die Summe der hiemit und in meiner vorigen Mittheilung beschriebenen Versuche schliesst den Ring der Bildung freier Salzsäure im Magen auf dem Wege der Milchsäurebildung; allein es ist noch eines zu berücksichtigen, er schliesst sich nur dann, wenn sich constatiren lässt, dass nicht nur die abpräparirte seit Stunden und Tagen todte, sondern auch die lebende Magenmucosa Milchsäure aus Kohlehydraten produciren kann.

Nimmt man im Verfolge der vorigen Versuchsreihe einmal das Mikroskop zur Hand, so sieht man in jedem Tröpfchen eine Legion stäbchenförmiger ein- oder mehrgliedriger Bacterien. Darauf kommt es nun eben an; ist das Milchsäureferment ein organisirtes oder ein formloses. Im ersten Falle hat man es nur mit einem unter Bacterieneinfluss stehenden Gährungsprocesse zu thun. Es wäre aber denkbar, dass neben den Bacterien zugleich ein ungeformtes lösliches Ferment vorhanden ist. Die bisherigen Kenntnisse, welche gestatten dies zu entscheiden, sind nur jene, die auf der Erfahrung beruhen, dass die geformten Fermente (Hefezellen, Bacterien etc.) bei einem Procentgehalt der Flüssigkeit an fremden Substanzen getödtet werden und also ihre Energie einbüssen, bei der durch gelöste — chemische — Fermente bedingte Spaltungen noch ungestört ablaufen. Ich kann in dieser Beziehung auf Versuche von Hoppe-Seyler, auf solche von Paschutin und von Schäfer und Böhm erinnern.

Als Substanzen, welche am charakteristischesten die beiden Fermentwirkungen zu unterscheiden gestatten, müssen arsenige Säure und Phenol bezeichnet werden. Bei Wiederholung meiner oben erzählten Versuche mit den Zuckerlösungen und den Magenschleimhautstücken unter Zusatz kleiner quantitativ bestimmter Mengen der genannten Bacteriengifte zeigte sich nun, dass die Wirkung, nämlich die Milchsäureproduction vollständig ausblieb. Vom Phenol reichte ein halb Procent der Flüssigkeit hin, jede Entwicklung von Bacterien zu hemmen, und zugleich mit ihnen fehlte die Säurebildung; selbst in einem Gemisch, das nur 0·3% Phenol enthielt, waren kaum Spuren von Milchsäure gebildet worden. Arsenige Säure vermochte in den angewandten Mengen nicht so vollsätändig den Milchsäurebildungs-

process zu hemmen als Phenol, doch wurde er auch durch diesen Körper schon stark beeinträchtiget, wenn das Flüssigkeitsgemisch nur 0·02 bis 0·04% As_2O_3 enthielt.

Ist nun aber ein lösliches Ferment in der Magenschleimhaut ausgeschlossen, so wird es auch wahrscheinlich, dass die frische, lebende Magenmucosa eine Milchsäurebildung nicht veranlassen kann. In der That ist der ganz frische Magen am wenigsten milchsäurebildend. Nimmt man aus einem frisch getödteten Kaninchen den Magen, spült ihn mit lauem Wasser aus, und bringt ihn rasch in die vorbereitete 37° warme Zuckerlösung, so bildet sich innerhalb 3 Stunden z. B. eine kaum merkbare Menge Säure, während derselbe Magen nach 1 oder 2 Tagen in gleicher Weise neuerdings verwendet, in derselben Zeit eine merkbare grössere Säuremenge producirt.

Noch directer habe ich mich in folgendem Versuch an die lebende Magenschleimhaut gewendet. Man wollte sehen, ob sich ein bedeutender Unterschied zeigt, in der Menge von weisser Magnesia, welche sich im Magen eines Fistelhundes auflöst, einerseits, wenn nichts anderes als Magnesiamilch in den Magen gebracht wird, und anderseits, wenn ausser Magnesia auch noch etwas Traubenzucker eingeführt wird.

Der Magen des Fistelhundes wurde ausgespült (durch abwechselndes Drücken und Loslassen eines an die Canäle angefügten mit Wasser gefüllten Kautschukkölbchens), Magnesiamilch hineingebracht und die Fistel geschlossen. Nach einer Stunde wurde der Mageninhalt herausgenommen, filtrirt und die gelöste Magnesia bestimmt. An nächsten Tage wurde gleich manipulirt, aber zu der eingeführten Magnesiamilch auch noch Traubenzucker hinzugesetzt. Die Magnesia, als Pyrophosphat bestimmt, verhielt sich an den beiden Tagen wie 0·04 : 0·042. Es war daher im lebenden Magen unter dem Einflusse des Zuckers keine — die Magnesia — lösende Säure gebildet worden.

Die Milchsäure, welche bei den früher erwähnten Brütversuchen sich in so reichlicher — zur Darstellung dieser Körper benützbaren — Weise bildet, ist nur das Resultat eines organisirten Fermentes, das sich auf Kosten der Magenhautbestandtheile bildet.

Für die Quelle der Magensalzsäure kommt daher die Zerlegung der Chloride durch Milchsäure nicht in Betracht, und die Milchsäure scheint im Chemismus der normalen Säurebildung keine Rolle zu spielen. Die Quelle der freien Salzsäure im Magen ist in einem Dissociationsprocess der Chloride, speciell des Kochsalzes, ohne Einwirkung einer Säure zu suchen.

Innsbruck am 6. Mai 1874.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE CLASSE.

LXIX. Band.

DRITTE ABTHEILUNG.

5.

Enthält die Abhandlungen aus dem Gebiete der Physiologie, Anatomie und theoretischen Medicin.

Untersuchungen über das Zusammenwirken der Muskeln bei einigen, häufiger vorkommenden, Kehlkopfstellungen.

Von Dr. **Anton Rühlmann** aus St. Petersburg.

(Aus dem physiologischen Institute zu Wien.)

(Mit 2 Tafeln.)

Bei den vielfältigen Untersuchungen über die Wirkung der Kehlkopfmuskeln ist nicht überall die hinreichende Rücksicht genommen worden auf das Zusammenwirken dieser Muskeln, und doch ist es ein allgemeines Gesetz der combinirten Bewegungen, dass, wenn irgend eine Stellung mit Energie angestrebt wird, sämmtliche Muskeln in Action treten, welche zur Erreichung derselben mitwirken können. Ich habe desshalb einen anderen Weg betreten, als denjenigen, welcher gewöhnlich in den anatomischen Abhandlungen und Lehrbüchern verfolgt wird. Ich bin von bestimmten, häufig vorkommenden, und physiologisch wichtigen Kehlkopfstellungen ausgegangen, und habe gesucht, mir Rechenschaft davon zu geben, wie und durch Wirkung welcher Muskeln sie zu Stande kommen.

Es ist in neuerer Zeit viel Werth auf die Untersuchung der Wirkung der Muskeln mittelst directer electrischer Reizung gelegt worden. Ich messe ihr keinen solchen bei, denn gerade bei ihr erfährt man nichts vom Zusammenwirken der Muskeln, und kann in die gröbsten Irrthümer inducirt werden. Wer z. B. vom *m. deltoideus* nichts wüsste, als was er bei der electrischen Reizung desselben sieht, der könnte glauben, dass seine wesentliche Wirkung darin bestehe, das Schulterblatt zu drehen, nicht den Arm emporzuheben. Wer nicht im Stande ist, sich aus der anatomischen Beschaffenheit der Muskeln, aus ihren Ursprüngen und Ansätzen ihre Wirkung klar zu machen, der wird auch

nicht im Stande sein, das, was er bei der electrischen Reizung sieht, richtig zu deuten.

Bei der Vieldeutigkeit der Nomenclatur und bei abweichenden Angaben, welche verschiedene Schriftsteller über die Ursprünge und Ansätze der Kehlkopfmuskeln machen, halte ich es für nothwendig, eine kurze Übersicht über dieselben mit ihren Varianten und Synonymen zu geben.

Anatomischer Theil.

1. Die constant vorkommenden Muskeln des larynx.

Musculus crico-thyreoideus.

Dieser Muskel besteht nach Henle[1] und Luschka[2] aus zwei, deutlich trennbaren Muskeln, — dem *musculus crico-thyreoideus rectus* und *obliquus*.

I. M. crico-thyreoideus rectus.

Ursprung.[3] Unterer Rand des Schildknorpels 1 Cm. medianwärts vom *processus marginalis*. (Also gerade gegenüber der Insertion des inneren Theiles des *m. hyo-thyreoideus*.)

Insertion. Äussere Fläche des *arcus c. cricoideae*, 1 Mm. von der vorderen Mittellinie des *arcus* bis etwas über 1 Cm. nach aussen.

---

[1] J. Henle. Handbuch der system. Anatomie des Menschen. Bd. II. Eingeweidelehre. Braunschweig 1862, p. 250 und 251.

[2] H. Luschka. Der Kehlkopf des Menschen. Tübingen 1871, p. 127 (Taf. VI, Fig. II. 9, 10).

[3] Es ist selbstverständlich, dass ich keinen wesentlichen Unterschied zwischen Ursprung und Insertion mache, namentlich, wo diese Punkte so bewegliche Theile betreffen, wie es die Knorpel des Kehlkopfes sind. Was einmal Ursprung ist, kann das andere Mal Insertion sein.

Die Bündel steigen ziemlich schief von oben und aussen nach unten und innen herab.

2. M. crico-thyreoideus obliquus.

a) Die obere, innere, etwas quere und platte Portion.

Ursprung. Innerer Saum des unteren Randes der *c. thyreoidea*, 1 Cm. nach hinten vom vorderen Winkel des Schildknorpels angefangen bis zum Beginn der *incisura post. inf. c. thyreoideae*. (Also gerade bis an die Stelle, wo aussen sich der *proc. marginalis* befindet.)

Insertion. Oberer Theil der äusseren Fläche des *arcus c. cricoideae*, 1 Cm. nach vorne vom Höcker des oberen Randes; auch theilweise *membrana laryngis elastica*, seitwärts vom *lig. conoideum*. Diese Portion wird nach vorne zu vom *m. crico-thyr. rectus* bedeckt, und liegt selbst gleich nach aussen vom *m. crico-arytaenoid. lateralis*.

b) Die untere, hintere, äussere, schiefste und längste Portion.

Ursprung. Äusserer Saum des Randes der *incisura post. inf. cartil. thyreoideae*, sowie auch des *cornu inferius* bis zu dessen Spitze.

Insertion. Vorderer, äusserer, unterer Theil der Fläche und unterer Rand des *arcus c. cricoideae*, unter der Insertion des *crico-thyr. rectus*, u. der des oberen Bündels des *obliquus*.

Henle bezeichnet diese zwei Muskeln mit den angeführten Namen. Luschka nennt sie *crico-thyr. anticus rect.* und *obliquus*, weil er den weniger constanten *m. kerato-cricoideus — m. crico-thyreoid. post.* nennt. Merkel[1] spricht nur von einem *m. crico-thyreoideus*, den er in 2 Schichten zerlegt: die äussere und die innere, die einen gemeinschaftlichen Ursprung besitzen, und von denen sich die erstere am äussern Saume des unteren Randes der *c. thyreoidea* befestigt, die zweite hingegen an deren innerem

[1] C. Merkel. Anatomie und Physiologie des menschlichen Stimm- und Sprachorgans (Anthropophonik). Leipzig 1857. p. 130

Saume, und theilweise an der innern Fläche der Platte der *c. thyreoidea.*

Die Faserung des *rectus* und *obliquus* ist wirklich sehr verschieden: die Muskelbündel des ersteren verlaufen noch so ziemlich vertical, die des andern anfangs schräg, nach aussen zu aber fast ganz horizontal.

Der *rectus* und *obliquus* lassen sich gewöhnlich ganz gut trennen, was aber nicht so leicht von den genannten Portionen des *obliquus* zu sagen wäre, die sich in viel geringerem Grade von einander trennen und sich nur mehr der Faserung nach unterscheiden.

M. arytaenoideus transversus.

Ursprung und Insertion. Die beiden lateralen Kanten der Giessbeckenknorpel, auch die inneren Theile der *processus musculares.* (Ausnahmsweise auch das *lig. triquetrum*, sagt Luschka.) Die Fasern laufen quer, und parallel untereinander, von einem Giessbeckenknorpel zum andern.

Henle[1] nennt den Muskel — *m. arytaenoideus;* Santorini[2] gebraucht die Bezeichnung von Morgagni — *m. ary-arytaenoideus;* Luschka nennt ihn *m. arytaenoideus transversus*, so wie er auch früher genannt wurde.

M. crico-arytaenoideus posticus.

Ursprung.

a) Obere Portion.

Mittlerer Theil der *lamina cricoidea* längs der *crista media.*

b) Untere Portion.

Unterer äusserer Theil der *fovea laminae c. cricoideae* in der Umgegend der *articulatio crico-thyreoidea.*

---

[1] Henle l. c. p. 253.

[2] Dom. Santorini. Observationes anatomicae. Venetiis 1724. Tab. 3. Fig. 1, lit. e. Fig. 2, lit. H.

Insertion. Hinterer Rand des *proc. muscularis*, zwischen *musc. aryt. transversus* und *crico-aryt. lateralis*. Die äusseren oder unteren Bündel sind länger, und steigen fast vertical hinauf, die inneren oder oberen sind kürzer und verlaufen mehr horizontal.

M. crico-arytaenoideus lateralis.

Kann in zwei, oft deutlich von einander trennbare Muskelbündel zerlegt werden:

a) Untere, hintere Portion. Ist kürzer und hat einen mehr horizontalen Verlauf.

Ursprung. Mitte der seitlichen Hälfte des ganzen oberen Randes der *c. cricoidea* und hinterer Theil des Höckers daselbst.

Insertion. Äusserer Theil des *proc. muscularis*, nach aussen von der Insertion des *m. crico-aryt. post.*

b) Obere, vordere Portion. Ist länger und hat einen viel mehr von vorn nach hinten und oben aufsteigenden Verlauf.

Ursprung: Vorderer Theil des erwähnten Höckers, u. der vor ihm liegende Theil des oberen Randes der *cart. cricoidea*, auch theilweise *membrana laryngis elastica*, neben dem *ligamentem conicum.*

Insertion. Unterer Theil des lateralen Randes der *cartilago arytaenoidea*, gleich über dem *proc. muscularis.*

Dieser obere Muskelbausch hängt durch einige Bündel nach oben zu mit dem *m. thyreo-aryt. ext.* zusammen, sowie auch nach unten mit der unteren Portion.

M. thyreo-arytaenoideus.

Er wird in der neuesten Zeit als aus zwei Muskeln, dem *externus* und *internus* bestehend, angesehen.

1. M. thyreo-arytaenoideus externus.

Dieser Muskel könnte in sehr viele Bündel oder Portionen zerlegt werden, die aber so wenig constant sind, dass sie keiner

genaueren Beschreibung unterworfen werden können. Alle diese Bündel stehen unter sich durch schiefe Nebenbündelchen in Verbindung, so dass meistens zwei unter einem spitzen Winkel zusammentretende Bündel in eines verschmelzen.

Die Muskelbündel des *thyreo-arytaenoideus externus* haben einen schräg aufsteigenden Verlauf von vorn und unten nach hinten und oben, und es sind die obersten — die steilsten.

So stellt sich uns der Muskel an der Seitenfläche des *larynx* dar. Verfolgen wir seine Faserung von aussen nach innen zu durch Zerzupfung, d. i. Trennung der einzelnen Faserbündel von einander und allmälige Wegnahme derselben; — so finden wir, dass dieser schräge Verlauf der gröberen, durch dickere Bündel bedingten Faserung einer immer mehr und mehr geraden, horizontalen Platz macht, bis man fast unmerklich in eine viel feinere, vollkommen parallele und horizontale übergeht. Da befindet man sich aber schon im wahren Stimmbande und hat es folglich mit dem *m. thyreo-arytaenoideus internus* zu thun.

Diese Bündel stehen untereinander, wie schon gesagt wurde, durch eine Menge von Querbündelchen in Verbindung, und es stellt sich folglich in dieser Hinsicht dasselbe Bild auf Querschnitten durch den ganzen Kehlkopf in der Höhe der Stimmbänder dar, wie wir es an der Seitenansicht schon gesehen haben. Nur scheint die Zahl dieser Querbündelchen an solchen Querschnitten viel grösser, so dass man unwillkürlich darauf aufmerksam gemacht wird. Auch schien mir ihre Anzahl an diesen Querschnitten am grössten entsprechend einer Linie, die von der Grenze zwischen dem hinteren und mittleren Drittheil des Stimmbandes gerade nach aussen geführt wäre.

Ich habe die Faserung des *thyreo-aryt.* schichtenweise untersucht, indem ich mich der ursprünglich von Ludwig bei Untersuchung des Herzfleisches angewandten Zerfaserungspräparirmethode an erst stark und lange gesalzenen, später gekochten Kehlköpfen bediente. Sie ist vortrefflich, wo es sich darum handelt, die Richtung der Fasern schichtenweise zu bestimmen. Die Muskelbündel sind erhärtet (daher aber auch spröde) und des Zwischenbindegewebes so ziemlich beraubt; auch haften die Fascien viel weniger an die Muskelbündel und sind leichter zu entfernen.

Bei Verfolgung der Insertionen ist diese Methode dennoch weniger zu empfehlen, weil eben die Insertionen sehr gelockert sind, und die Bündel leicht brechen.

Ursprung. Die unteren zwei Drittel des Winkels der *cart. thyreoidea*, nach aussen vom *m. thyreo-aryt. internus*. Manchmal auch etwas höher hinauf.

Insertion. Untere Hälfte des äusseren lateralen Randes der *cart. arytaenoidea* und vorderer oberer Theil des *proc. muscularis*.

Es steigen die Bündel, nach aufwärts gekrümmt, zur *c. arytaenoidea* hinauf, indem sie das falsche Stimmband kreuzen.

Es kommt vor, dass das unterste Bündel des *m. thyreo-aryt. externus* von der *membrana laryngis elastica*, neben dem *lig. conoideum*, entspringt. Das wäre also dasjenige Bündel, welches sonst ein Bestandtheil der oberen Portion des *crico-arytaenoideus lateralis* bildet. C. Merkel[1] nennt es *stratum ary-syndesmicum* seines *m. crico-thyreo-arytaenoideus*. Er unterscheidet aber dennoch Bündel des *m. thyreo-aryt. ext.* und *crico-aryt. lateralis*, die ihrem Ursprunge nach auch ein Bestandtheil dieses *stratum* bilden müssten (p. 142).

Constant ist dieses Bündel als selbstständiges nicht; aber der Ursprung ist constant, ob als Bestandtheil des *m. crico-aryt. lateralis*, oder des *m. thyreo-aryt. externus*, oder endlich als ein mehr oder weniger selbstständiges, zwischen beiden genannten Muskeln eingeschaltetes Bündel.

Eines von den Bündeln des *m. thyreo-aryt. ext.* befestigt sich zuweilen nicht am lateralen Rande der *cart. arytaenoidea*, wie die übrigen, sondern geht quer über deren Mitte hinüber zu demselben Rande des entgegengesetzten Knorpels, wo es sich inserirt. Es ist zuerst von Santorini[2] beschrieben worden, und von ihm *m. thyreo-arytaenoideus obliquus* benannt. Die Insertionsenden beider Muskelbündel kreuzen sich also hinter dem *m. arytaenoideus transversus*. Sie sind aber meistens schwer, oder gar nicht von den sich ebenfalls hier kreuzenden Ursprungsbündeln der *M. ary-epiglottici Santorini* zu trennen. Das ist der Grund,

---

[1] Merkel l. c. p. 139, Fig. 48, 8.

[2] Santorini l. c. p. 110, Tab. 3, Fig. 2, lit. Q.

warum Henle[1] einen *m. thyreo-ary-epiglotticus* aufgestellt hat, der also aus *m. thyreo-aryt. obliquus Santorini* und *ary-epiglotticus Santorini* besteht. Er fügt diesem Muskel aber noch den *m. thyreo-epiglotticus* hinzu.

Die sich kreuzenden Ursprungsbündel der *M. ary-epiglottici Santorini* inseriren sich in manchen Fällen mit einigen Bündeln schon am oberen Theile der lateralen Kante der *c. arytaenoidea*, was die *M. arytaenoidei obliqui* der Lehrbücher bildet. Santorini aber sucht zu beweisen, dass die meisten Bündel der *M. aryt. obliqui* weiter in die *plica ary-epiglottica* ausstrahlen.

Nach dem früher Gesagten wird es nicht merkwürdig erscheinen, wenn Cruveilhier[2] den *m. thyreo-aryt. externus*, den *internus* und den *m. crico-aryt. lateralis* als Bestandtheile eines Muskels ansehen will, den er *m. crico-thyreo-arytaenoideus* nennt.

Ich muss hier noch eines Bündels, welches immer eine entgegengesetzte Richtung zu den übrigen besitzt, erwähnen. Es ist das der *m. thyreo-arytaenoideus superior Santorini*, den ich noch unter den weniger constanten Muskeln beschreiben werde.

Santorini[3] theilt den *m. thyreo-arytaenoideus* in drei Theile:

1. *Pars inferior* (oder *m. thyreo-arytaenoideus inf.*) besteht aus: *a) stratum ary-syndesmicum; b)* einigen Bündeln des *m. thyreo-arytaenoideus externus* und *c)* dem *m. thyreo-aryt. internus.*

2. *Pars media* (oder *m. thyreo-aryt. medius*) besteht aus den übrigen Bündeln des *m. thyreo-aryt. externus.*

3. *Pars superior* (oder *m. thyreo-aryt. superior*).

Henle[4] theilt den *musc. thyreo-aryt. externus* in folgende drei Portionen:

1. Unterste Portion.

a) Äussere Schichte besteht aus:

α) unserem oberen Bündel des *m. crico-aryt. lateralis*,

β) dem *stratum ary-syndesmicum* und

---

[1] Henle l. c. p. 252, Fig. 187.

[2] J. Cruveilhier. Traité d'anatomie descriptive T. II. Paris 1865—8, p. 251.

[3] Santorini l. c. p. 104—5. Tab. 3, Fig. 2, lit. K, L, O.

[4] Henle l. c. p. 253.

γ) den meisten Bündeln unseres *thyreo-aryt. externus*. Ist also mehr als der *m. thyreo arytaenoideus medius Santorini.*

b) Innere Schichte besteht im Grunde aus dem *thyreo-aryt. inferior Santorini*, nur fehlen:

α) *m. thyreo-aryt. internus*, den Henle einzeln beschreibt;

β) ein Theil des *stratum ary-syndesmicum*, welcher der äusseren Schichte zugezählt ist,

γ) viele Bündel des *thyreo-aryt. externus*, die auch zur äusseren Schichte, welche überhaupt bei Henle die mächtigste ist, gehören, während solches bei Santorini der *inferior* ist.

Der obere Rand dieser Schichte, sagt Henle, entspricht dem falschen Stimmbande.

2. Mittlere Portion.

Entspricht dem *m. thyreo-arytaen. superior Santorini.*

3. Oberste Portion. (Unbeständig.)

Ist wahrscheinlich ein Theil eines etwas in seiner Insertion verbreiterten *m. ary-epiglotticus*, oder besser, des *stratum ary-membranosum* von Merkel.

Henle sagt, dass, wenn der *m. thyreo-epiglotticus* fehle, letztere Portion seine Stelle vertreten soll.

Nach dem, was ich gesehen habe, kann ich mich in dieser Hinsicht folgendermassen aussprechen:

1. Wenn der *m. thyreo-epiglotticus* wenig entwickelt ist, dann ist es das *stratum ary-membranosum obliquum* wohl desto mehr.

2. Dass der *m. thyreo-epiglotticus* gar nicht angedeutet wäre, ist mir nicht vorgekommen

2. M. thyreo-arytaenoideus internus.

C. Merkel[1] unterscheidet ein *stratum thyreo-arytaen. internum*. Er gebraucht nämlich für die gesammte, seitliche, eigentliche Kehlkopfmusculatur die Bezeichnung von Cruveilhier — *m. crico-thyreo-arytaenoideus*, und theilt diesen Muskel in folgende *strata:*

---

[1] Merkel l. c. p. 142, Fig. 49.

1. *Stratum crico-arytaenoideum*, ist unsere untere Portion des *m. crico-aryt. lateralis.*

2. *Stratum ary-syndesmicum* befindet sich zwischen 1 und 3, oder gehört zu einem von beiden.

3. *Stratum thyreo-aryt. ext.* — unser *m. thyr. ar. externus.*

4. *Stratum thyreo-aryt. int.* — unser *m. thyr. ar. internus.*

5. *Stratum ary-membranosum obliquum* } unser *m. ary-epi-*
6. *Stratum ary-membranosum rectum* } *glotticus.*

7. *Stratum thyreo-membranosum* — unser *m. thyreo-epiglotticus.*

Henle und Luschka nennen das *stratum thyreo-aryt. internum — musc. thyreo-aryt. int.* Ludwig[1] beschreibt diesen Muskel als *portio ary-vocalis m. thyreo-arytaenoidei.* Hyrtl[2] hält sich an die Santorinische Bezeichnung *m. thyreo-arytaenoideus inferior.* Wir haben aber schon gesehen, dass unter diesem Namen nicht nur der *thyreo-aryt. int.*, sondern auch noch andere Muskelbündel verstanden werden.

Wie schon früher erwähnt wurde, kommt man bei Anwendung der Zerfaserungs-Präparirmethode an Kehlköpfen, die erst in Kochsalz gelegen hatten, und später in Salzwasser gekocht wurden, wenn man von aussen nach innen auf diesen Muskel zugeht, auf keine Begrenzung; sondern im Gegentheil, es steht der *m. thyreo-arytaenoideus externus* mit dem *internus* in einem innigen Zusammenhange durch kleine, schiefe Querbündelchen.

Präparirt man dagegen den Muskel von innen her, indem man die Schleimhaut des *larynx* und ihre Fortsetzung auf das wahre Stimmband im weiteren Sinne des Wortes ablöst, so kommt man auf einen „dreiseitig prismatischen Muskel“ (Harless), der ganz selbstständig erscheint, obgleich er mit seiner äussern, die Basis „der Pyramide“ vorstellenden Fläche in vollkommenem Zusammenhange mit dem *m. thyreo-arytaenoideus externus* steht. Der ganze Muskel ist, da nur die ziemlich lose anheftende Fortsetzung der Schleimhaut abgenommen ist, von

[1] C. Ludwig. Lehrbuch der Physiologie des Menschen. Leipzig, Bd. I, 1858, pag. 567.

[2] J. Hyrtl. Lehrbuch der Anatomie des Menschen. 1862, p. 599.

einer Fortsetzung der *membrana laryngis elastica* bedeckt, die sich wie eine Aponeurose ansieht, und am inneren, scharfen Rande des Muskels zu einem bandartigen Strange — die *chorda vocalis* (Luschka), oder das Stimmband im engeren Sinne des Wortes verbreitert und verdickt. Diese elastische Aponeurose löst sich schon nicht so leicht ab, und namentlich am vorderen und hinteren Theile der unteren, gegen die *trachea* zugewendeten Fläche des Muskels. Noch schwerer ist es, dieselbe vom Muskelrande zu trennen. Am leichtesten löst sie sich noch von der oberen, dem *sinus Morgagni* zugewendeten Fläche.

Wenn wir den präparirten *m. thyreo-arytaenoideus int.* von oben betrachten, so erscheint er uns hinten breiter und vorne schmäler. Betrachten wir ihn aber von der Seite, d. h. von der Innenfläche des *larynx*, so erstrecken sich seine Muskelbündel vorne weiter herunter als hinten, so dass der hintere Theil nun schmäler erscheint. Es stellt nämlich dieser Muskel in seiner Gesammtheit einen Doppelkeil dar, dessen vordere abgestutzte Schneide vertical, die hintere abgestutzte aber horizontal liegt.

Ursprung: Untere Hälfte des Winkels der *cart. thyreoidea* medianwärts vom *m. thyreo-aryt. externus*, von dem sogenannten „faserknorpeligen Wulste“ (Luschka), der den Winkel ausfüllt, theilweise vom Perichondrium, auch vom vorderen Theile der unteren Fläche des *ligam. vocale* im weiteren Sinne des Wortes, sowie auch theilweise von der *cartilago sesamoidea anterior* Luschka.[1]

---

[1] Über diesen Knorpel siehe Näheres im schon citirten Werke von Luschka, wo sich die genauesten Angaben über dieses Gebilde befinden (pag. 80—83, Taf. V, Fig. IX, 6). An derselben Abbildung ist auch der Faserwulst im Winkel des Schildknorpels zu sehen (3).

Verson sagt in seinen später zu citirenden Beiträgen zur Kenntniss des Kehlkopfes u. s. w. (p. 2) Folgendes über diesen Knorpel: „Im unteren Stimmbande fand ich aber das schon von Henle beschriebene elastische Knötchen nie verknorpelt. Interessant ist nur der Vergleich dieses Befundes beim Neugebornen mit jenem beim Erwachsenen. Während es nämlich bei letzterem nur aus dicht verfilzten, elastischen Fasern besteht, sind diese beim Neugebornen viel weniger dicht angeordnet, dafür aber ihre Zwischenräume mit kernhaltigen Zellen erfüllt, welche die verschiedensten Entwicklungsstufen der Spindelform zeigen. Aus ihnen scheinen sich also die elastischen Fasern zu entwickeln.“

Insertion:

1. *Stratum internum* (Siehe Fig. I, 1—1).

a) Spitze des *processus vocalis* — die oberen innersten, dem Stimmbande im engeren Sinne des Wortes am nächsten gelegenen, und mit demselben parallel verlaufenden Muskelbündel.

b) Hinterer Theil der unteren Fläche des *ligam. vocale* im weiteren Sinne des Wortes — die unteren innersten Bündel an der unteren Fläche des Muskels.

c) Oberer und unterer Saum des äusseren Randes des ganzen *processus vocalis* bis zum Übergang in die äussere Fläche der *cartilago arytaenoidea*, wo sich die *fovea oblonga*, correspondirend den Ansätzen des *ligamentum triquetrum* hinten, befindet. Das sind die inneren Bündel an der oberen und unteren Fläche des Muskels.

2. *Stratum externum* (Vergleiche Fig. I, 2—2).

Fovea oblonga oder *inferior*, an der äusseren Fläche der *cartilago arytaenoidea* bis zur *spina inferior*. Hier befestigen sich die äusseren Bündel des Muskels, und zwar der grösste Theil desselben.

Diese Trennung des Muskels in zwei *strata* erscheint wohl künstlich, wird aber durch den physiologischen Theil gerechtfertigt werden.

Die dem Stimmbande im engeren Sinne des Wortes am nächsten liegenden Bündel sind sehr zart, und dichter gedrängt, als weiter nach aussen zu, auch hängen sie mit demselben ziemlich fest zusammen und verlaufen parallel den elastischen und Bindegewebsfasern.

Bis zur Stunde ist die Meinung unter den Anatomen und Physiologen eine getheilte darüber, ob sich die Fasern des *m. thyr. arytaen int.* im Stimmbande inseriren oder nicht. Ich finde es nicht überflüssig, bevor ich zur Darlegung meiner eigenen

---

Die neueste Angabe über diesen Knorpel ist die von Prof. W. Krause in Göttingen (Centralblatt f. d. med. Wissensch. 1873, Nr. 52). Er sagt: „Das gelbe Knötchen am vorderen Ende des eigentlichen Stimmbandes sei kein Netzknorpel, bestehe aber auch nicht blos aus elastischen Fasern, sondern gehöre zu den zellenreichsten Geweben des Körpers; die ellipsoidischen Kerne werden durch Hämatoxylin sichtbar und seien nach der Länge des Bandes geordnet."

Resultate übergehe, die Ansichten der verschiedenen Autoren über diesen Gegenstand vorzuführen.

Der Hauptvertreter der Ansicht, dass Muskelinsertionen im Stimmbande, namentlich der *chorda vocalis*, existiren, — ist jedenfalls Ludwig,[1] der den *m. thyr. aryt. int.* — *portio ary-vocalis* nennt und die *chorda vocalis* als Sehne betrachtet, an die sich die Fasern schief inseriren, wobei die kürzesten gleich unmittelbar vor dem vorderen Ende des *proc. vocalis* aufhören sollen, die längsten aber neben der *cart. thyreoidea*. Henle,[2] Ranke,[3] Herrmann,[4] Bataille[5] sagen so ziemlich dasselbe und Köllik er[6] meint sogar, dass diese Insertion die vorwiegende für die Fasern des Muskels sei. Dagegen sprechen sich aber Luschka,[7] Verson[8] und Funke[9] entschieden gegen diese Ansicht aus.

Luschka hat Querschnitte im Niveau der Stimmritze angefertigt, und sie mit bewaffnetem Auge angesehen, und die Muskelbündel von ihrem Ursprunge bis zur Insertion verfolgt, und nichts von Insertionen am Stimmbande gesehen. Dasselbe sagt auch Verson, dem es keinen Übergang des Sarcolemma in die Bandfasern zu beoachten gelang, was er als Insertionsweise für Muskeln in einem separaten Aufsatze[10] beschreibt. Harless[11] sieht die *chorda vocalis* als eine verbreiterte Fascie an, und C. Merkel[12] stimmt ihm bei, „nur kam es ihm beinahe

---

[1] Ludwig l. c. p. 567 und 570.

[2] Henle l. c. p. 256.

[3] Ranke. Grundzüge der Physiologie, Leipzig 1872, p. 604.

[4] Herrmann. Grundriss der Physiologie. Berlin 1867, p. 263.

[5] Ch Bataille Nouvelles recherches sur la phonation. Paris 1861, p. 9, Pl. IV, Fig. 2.

[6] Kölliker. Handbuch der Gewebelehre. Leipzig 1867, p. 467.

[7] Luschka l. c. p. 121.

[8] E. Verson. Beiträge zur Kenntniss des Kehlkopfes und der trachea. Sitzungsberichte der Akad. d. Wissensch. zu Wien, Mai 1868, p. 3. Auch in Stricker's Gewebelehre. B. I, p. 460.

[9] Funke. Physiologie. B. II, p. 852.

[10] Verson. Zur Insertionsweise der Muskelfasern. Sitzungsber. der Wien. Akad. d. Wissensch. Jänner 1868.

[11] Harless. Handwörterbuch der Physiologie von Wagner. Bd. IV, 1853, p. 576.

[12] Merkel l. c. p. 1857, p. 144.

so vor, als ob die parallelen Fasern dieses Muskels kleine Nebenfasern besässen, die sich an die Sehnenscheiden, welche von der äusseren Hauptmembran sich einwärts zwischen die zunächst hinter ihr liegenden Muskelfasern schlagen, anheften".

Der Frage, ob Insertionen im Stimmbande existiren oder nicht, habe ich die grösste Aufmerksamkeit geschenkt und im Verlaufe dieses Wintersemesters eine grosse Menge Schnitte von Stimmbändern, aber nicht nur im Niveau der Glottis, sondern auch niedriger angefertigt. Die meisten Kehlköpfe waren von erwachsenen Menschen, viele auch von Neugebornen [1] und Kindern. Ausserdem habe ich Präparate von Hunden, Katzen, Kaninchen und Meerschweinchen angefertigt.

Sämmtliche Kehlköpfe wurden entweder in einer weinfarbenen Lösung von Chromsäure, oder in Alkohol (95%) gehärtet; dann entweder nur der einfachen Carminfärbung oder der doppelten Carmin- und Picrinsäure-Färbung unterworfen; hernach in Parafin eingebettet und Schnitte so dünn, wie möglich, der ganzen Länge des Stimmbandes entsprechend gemacht.

An Kinderkehlköpfen, wo die Knorpel natürlich keine Verknöcherungspunkte bieten, und wo die Schnitte verhältnissmässig kleiner ausfallen, gelang das besser, als bei Erwachsenen, von denen Schnitte in der Regel viel dicker ausfielen.

Um diese dickeren Schnitte einer bestmöglichen mikroscopischen Untersuchung zugänglich zu machen, wendete ich als Aufklärungsmittel Nelkenöhl an. Eingeschlossen wurden die Präparate in einer Lösung von Mastix in Nelkenöhl, zu welchem Zwecke ich mir besondere Objectgläser verfertigte. Von den Schwierigkeiten, die diese Methode in Hinsicht der Einschliessung und des Verschlusses zur Aufbewahrung für die Dauer darbietet, werde ich im Anhange Näheres erörtern. Einstweilen sei nur gesagt, dass diese Methode glänzende Resultate gibt, indem

---

[1] Merkel (l. c. p. 163) hat Unrecht, den *processus vocalis* bei Neugebornen zu läugnen. Ich habe ihn immer angetroffen, und sowohl auf gewöhnlichem anatomischen Wege, als auch an meinen Schnitten dargestellt und demonstrirt. An diesen Schnitten ist der Fortsatz nicht zu übersehen. Beim einfachen Präpariren kann man ihn allerdings leicht wegschneiden, da er sich, je näher der Spitze des *processus vocalis*, desto weniger knorpelhart anfühlt.

Schnitte, so dick, dass sie mit keiner anderen, auch für das einfache Mikroscop, durchsichtig genug gemacht werden können, bei Anwendung dieser Methode ganz durchsichtig werden.

Die Präparate wurden mit dem einfachen Mikroscope und schwächerer Vergrösserung eines grossen Plössel'schen Mikroscopes angesehen. Dieses diente zur Orientirung über den Verlauf der Muskelfasern im Allgemeinen. Behufs der feineren Untersuchung, namentlich zum Auffinden der Endigung der Muskelfasern im Stimmbande wurden feine Schnitte gemacht, in Terpentin geklärt, mit Dammarlack eingeschlossen und mit Hartnack (Object. 5, Ocul. 4) angesehen.

Aus allen meinen Präparaten sind folgende Schlüsse zu ziehen:

1. Dass im Niveau der *rima glottidis*, also an Schnitten die parallel der Oberfläche durch das Stimmband im engeren Sinne des Wortes[1] (Stimmritzenband) gehen, keine Insertionen in dasselbe vorhanden sind; sondern es gehen wirklich die Fasern ganz parallel dem scharfen Rande, indem sie näher zum Rande sehr fein werden, sehr dicht aneinander liegen, und mit ebenso parallel gehenden elastischen Fasern abwechseln. Dasselbe ist auch bei den oben erwähnten Thieren der Fall.

2. Dass aber gleich unter dem Niveau der *rima glottidis* und zwar in einer Höhe, in der noch der ganze *processus vocalis* und Luschka's vorderer Sesamknorpel gleichzeitig geschnitten sind, an Schnitten, die also unzweifelhaft noch dem Stimmbande im weiteren Sinne des Wortes gehören, — solche Insertionen ganz bestimmt existiren. Anfangs sieht man die innersten Faserbündel den Faserknorpelwulst nicht mehr erreichen, sondern zur *cartilago sesamoidea anterior* Luschka, die, wenn sie vorkommt, sich im vordersten und oberen Theile jedes Stimmbandes im engeren Sinne befindet, hinziehen. An tieferen Schnitten erreichen sie nicht einmal diesen Knorpel, sondern inseriren sich noch

[1] Wahres Stimmband im engeren Sinne des Wortes ist die dünne, aus elastischen und Bindegewebfasern bestehende Lamelle, welche coulissenartig vorspringt in dem Augenblicke, wo die Stimmritze zum Tönen verengt wird, wo das Stimmband ansprechen soll. Unter Stimmband im weiteren Sinne des Wortes verstehe ich das Stimmband der Anatomen.

früher, indem sie auch viel früher, d. h. vom Stimmbande schon beginnen. Am stärksten tritt dieses hervor in der Höhe, wo der Schnitt nicht mehr den *processus vocalis*, sondern nur noch die Basis der *cartilago arytaenoidea* trifft.

An feineren Schnitten, von denen ich sagte, dass sie mit Hartnack angesehen wurden, und die in einer Höhe gleich unter dem Niveau des Stimmbandes im engeren Sinne des Wortes geführt waren, habe ich deutliche Endigungen von Muskelfasern gefunden. Die Fasern boten Bilder dar, denen ganz ähnlich, welche von Rollett[1] und später von Biesiadecki[2] und Herzig im Innern der Muskeln, und im Bindegewebe endigend, beschrieben und abgebildet sind. Es verdünnen sich nämlich allmälig Muskelfasern, die im Stimmbande aufhören bis zur vollkommenen kegelförmigen Zuspitzung, indem sie entweder einfach, oder an ihrem Ende, wie nebeneinander liegende Finger, in zwei oder drei Zuspitzungen endigen. Diese Endigungsweise ist so charakteristisch, dass von einer Verwechslung mit schrägen Schnitten nicht die Rede sein kann.

M. ary-epiglotticus (Santorini)[3] oder *stratum ary-membranosum* (Merkel)[4].

Die *M. ary-epiglottici* bestehen aus den sich hinter dem *m. arytaenoideus transversus* kreuzenden Bündeln der *arytaenoidei obliqui autorum*, und den sich von diesen in die *plica ary-epiglottica* fortsetzenden Bündeln.

Ursprung. *Processus muscularis* einer Seite.

Mit dem oberen Theile der entgegengesetzten *c. arytaenoidea* sind sie theilweise fest, theilweise nur durch lockeres Bindegewebe verbunden.

---

[1] A. Rollet. Über freie Enden der quergestreiften Muskelfasern im Innern der Muskeln. Sitzungsber. der Wien. Akademie der Wissensch. Juni 1856, p. 180 (nebst 1 Taf).

[2] Alfred v. Biesiadecki und August Herzig. Die verschiedenen Formen von quergestreiften Muskelfasern. Sitzungsber. der Wien. Akad. der Wissensch. November 1858, p. 146 (nebst 3 Taf.).

[3] Santorini l. c. *M. ary-epiglottidaeus*, p. 111, Tab. 3, Fig. 1, lit. d, Fig. 2. lit. E.

[4] Merkel l. c. p. 145—146, Fig. 48, 12 und 13.

Insertion.

a) ***Membrana quadrangularis***[1] der *plica ary-epigl.* } der entgegengesetzten Seite.

b) Seitenrand der *pars infrahyoidea epiglottidis* }

Es kommt vor, dass der Theil des Muskels, welcher sich in die *plica ary-epiglottica* begiebt, sowie auch die übrigen Insertionsbündel so wenig entwickelt sind, dass es eher scheint, man habe nur die *M. arytaenoidei obliqui* vor sich. — Auch habe ich die eigenthümliche Verbindung des *m. ary-epiglotticus* mit dem *m. thyreo-aryt. obliquus*, die Henle als besonderen Muskel aufführt, in einigen Fällen zu beobachten Gelegenheit gehabt.

Nur waren in diesen Fällen die Muskelbündel immer sehr wenig entwickelt. Henle rechnet diesem Muskel, wie gesagt, noch den *m. thyreo-epigl.* hinzu, wozu aber, meiner Ansicht nach, kein Grund vorhanden ist.

Merkel beschreibt statt dieses Muskels zwei *strata: stratum ary-membranosum obliquum* und *rectum.*

Er sagt von beiden und dem *stratum thyreo-membranosum*, es seien alle drei dünne, platte Muskelbündel mit sehr wenigen vereinzelten Fasern, welche unmittelbar hinter der innern Schildknorpelfläche und unter der Schleimhaut, welche den *sinus pyriformis* überzieht, also namentlich in der äusseren Fläche der *membrana quadrangularis* sich verweben. Sie sollen die *epiglottis* gar nicht erreichen, sondern sich im Fettzellgewebe dieser Membran verlieren:

a) ***Stratum ary-membranosum obliquum*** (auswärts vom Folgenden).

Ursprung. *C. arytaenoidea*, in der Gegend der Insertion des *m. crico-arytaen. lateralis.*

---

[1] Die *membrana quadrangularis* ist der oberste Theil der *membrana laryngis elastica*, die den *larynx* auskleidet. Sie ist so genannt worden von Tourtual, und bildet die Grundlage der *plica ary-epiglottica.* Der mittlere Theil der *membrana laryngis elastica* ist sehr dünn und bildet die Grundlage des *sinus Morgagni.* Der unterste dickste Theil wird auch Stimmmembran (*Garcia*) genannt, weil er, den *m. thyreo-arytaenoideus internus* von innen bedeckend, das Stimmband bilden hilft.

Insertion. Mitte des *lig. ary-epigl.* oder „die *excisura c. thyreoideae*“.

Geht unter fast rechtem Winkel über oder durch die äusseren Fasern des *thyreo-aryt. ext.*

b) Stratum ary-membranosum rectum (einwärts vom Vorigen).

Ursprung. Spitze der Pyramide von derselben oder der entgegengesetzten Seite.

Insertion. *Plica ary-epiglottica* in der Nähe der *epiglottis*.

Das *stratum ary-membranosum rectum*, und ein Theil des *obliquum* zusammen bilden das, was wir unter *m. ary-epiglotticus* verstehen. Doch bin ich der Ansicht, dass die Muskelbündel häufiger bis zur *epiglottis* reichen, und tiefer liegen, als es Merkel angibt. Strahlt unser Muskel noch mehr seitwärts aus, so haben wir die übrige Portion des *stratum ary-membranosum obliquum*, deren Bündel sich anfangs zwischen denen des *m. thyreo-arytaenoideus ext.* durchschieben, und mit ihnen verflechten. Solche flache, seitwärts ausstrahlende Bündel habe ich nicht selten gesehen.

Wenn aber Merkel noch eine Insertion, namentlich „die *excisura thyreoidea*“ angibt, und den Muskel auch anfangs sehr oberflächlich verlaufen lässt, so sind diese oberflächlichen Bündel, wenn sie bis an den Schildknorpel reichen, als *m. thyreo-arytaenoideus superior* zu benennen.

Luschka[1] erwähnt auch des *stratum ary-membranosum*, und gibt an, dass es eine Schicht sei, die mit dem Blindsack des *sinus Morgagni* in Berührung komme, und die an ihrer Aussenseite theilweise vom *m. thyreo-arytaenoideus ext.* und *m. thyreo-epiglotticus* verhüllt sei. Wie es scheint, muss doch dieses *stratum* nach Luschka ein tieferes sein, als nach Merkel. Luschka nennt dieses *stratum* zusammen mit dem *m. ary-epiglotticus — constrictor vestibuli laryngis*.

Theile (Muskellehre in Sömmering's Anatomie p. 103) nennt den *m. ary-epiglotticus* zusammen mit dem *thyreo-epiglotticus — reflector epiglottidis*, und betrachtet sie beide als einen Muskel.

[1] Luschka l. c. p. 134.

M. thyreo-epiglotticus.

Luschka nennt diesen Muskel — ***dilatator vestibuli laryngis.*** Merkel[1] — ***stratum thyreo-membranosum m. crico-thyreo-arytaenoidei.*** Henle beschreibt ihn als Bestandtheil seines ***thyreo-ary-epiglotticus,*** und Santorini[2] endlich — nennt ihn ***thyreo-epiglottidaeus major,*** weil er ausserdem noch eines weniger constanten, näher zur vorderen Mittellinie des Kehlkopfes zu gelegenen, ***m. thyreo-epiglottidaeus minor*** erwähnt.

Ursprung. Winkel der ***c. thyreoidea,*** dicht neben und über dem ***m. thyreo-arytaenoideus externus.***

Insertion.

a) ***Membrana quadrangularis.***

b) Oberes Ende der ***pars infrahyoidea epiglottidis.***

Einzelne Fasern sollen auch nach Luschka[3] sich zur ***cartilgo Wrisbergii*** hinziehen.

Manchmal setzen sich alle diese Fasern an die Convexität eines schief aufsteigenden Sehnenbogens an.[4]

B. Die weniger constant vorkommenden Muskeln des larynx.[5]

M. thyreo-arytaenoideus superior Santorini.[6]

Ursprung. Innere Fläche der ***lamina thyreoidea*** neben der ***incisura superior*** von einem Grübchen, welches sich hier befindet.

Insertion. Mit zwei Bündeln, in die er vor seiner Anheftung zerfällt, am ***proc. muscularis.***

---

[1] Merkel l. c. p. 146, Fig. 48, 11.

[2] Santorini l. c. p. 111, Tab. 3, Fig. 1, lit. f, Fig. 2, lit. N.

[3] Luschka l. c. p. 136.

[4] Luschka l. c. p. 136, Taf. VII, Fig. XI, 8.

[5] Ich verweise hier auf das schon oft citirte Werk von Luschka, in welchem sich, Taf. VII, Fig. IV, eine mehr schematische Abbildung aller Muskelbündel, die an der Seitenwand des Kehlkopfes sich hinziehen, befindet. Diese Zeichnung wäre zu berücksichtigen, um sich besser die Verhältnisse der eigentlichen Kehlkopfmusculatur, wie sie beschrieben wurden, zu vergegenwärtigen.

[6] Santorini l. c. p. 106, Tab. 3, Fig. 1, lit. g, Fig. 2, lit. O.

Dieser Muskel ist von Santorini entdeckt und beschrieben. Es kann dieser Muskel aber auch niedriger entspringen, und sich mit dem oberen Bündel höher an dem lateralen Rande der *c. arytaenoidea* inseriren. Wenn aber Ursprung und Insertion gewöhnlich seltener so vorkommen, wie sie eben angeführt wurden, so findet er sich doch gewöhnlich durch einige Muskelbündel repräsentirt. Es lassen sich fast immer in den Fällen wenn auch gerade der Muskel in der nach Santorini beschriebenen Weise, die ich bestätigen kann, nicht vorhanden ist, Muskelbündel verfolgen, die von ihrem Insertionspunkte, dem *proc. muscularis*, zum Winkel der *c. thyreoidea* aufsteigen. Sie kreuzen sich also mit den Bündeln des *m. thyreo-arytaenoideus externus*. Der Ursprung wäre demnach hier viel näher zum Winkel der *cartilago thyreoidea*, und es gingen von hier aus anfangs die Bündel mit denen des *m. thyreo-epiglotticus* zusammen, und bildeten weiter den oberen Rand des *m. thyreo-arytaenoideus externus*, mit dessen Bündeln sie sich verflechteten, und endlich sich am *processus muscularis* inserirten.

Diese Muskelbündel sind demzufolge nicht zu verwechseln mit dem *stratum ary-membranosum*, welches, vom Giessbeckenknorpel angefangen, denselben Verlauf hat, aber im Allgemeinen tiefer gelegen ist, und, wie gesagt, mit dem Blindsack des *sinus Morgagni* im Zusammenhange steht.

In den Fällen, wo der Muskel nach der von Santorini angegebenen Weise verlief, habe ich diese Bündel regelmässig vermisst.

Der *m. thyreo-arytaenoideus superior* wurde von Ch. Bataille[1] *thyro-aryténoidien grêle* genannt, weil, wie er sagt, seine Insertion sehr schwer zu bestimmen sei, da sie in einem sehr fettreichen Gewebe durch eine sehr schmächtige Aponeurose zu Stande komme. Das ist auch wirklich nicht selten der Fall.

M. thyreo-arytaenoideus obliquus Santorini.[2]

Es ist seiner schon früher als eines selbstständigen Bündels vom *m. thyreo-arytaenoideus externus* erwähnt worden. (S. p. 263.)

---

[1] Ch. Bataille l. c. 1861, p. 6, Pl. IV, Fig. 1.

[2] Santorini l. c. p. 110, Tab. 3, Fig. 2, lit. Q.

Stratum ary-syndesmicum Merkel.[1]

Ist, wie schon besprochen wurde, entweder das unterste Bündel des *m. thyr. aryt. ext.*, oder das oberste des *m. crico-aryt. lateralis*, oder liegt als selbstständiges zwischen beiden. (Siehe p. 263.)

Musculus teres Santorini.[2]

Henle fand diesen Muskel immer in Verbindung mit dem Santorinischen *m. thyreo-arytaenoideus superior*. Auch Luschka sagt dasselbe. Nach letzterem steigt er vertical hinter dem Schildknorpel herab und inserirt sich neben dem *lig. conoideum* an der *cartilago thyreoidea*, oder auch an dem *ligamentum* selbst, manchmal sogar an dem Bogen der *c. cricoidea*.

Nach Santorini:

Ursprung. Innere Fläche der *c. thyreoidea* unter dem oberen Rande.

Insertion. Dieselbe innere Fläche der *c. thyreoidea* gleich über der Insertion des *m. crico-thyreoideus* neben dem Seitenrande der *c. thyreoidea*.

Der Verlauf des Muskels, wie ihn Luschka[3] beschreibt, wäre also nach unten und vorne, wogegen Santorini ihn nach unten und hinten gehend abbildet.

Jedenfalls muss der Muskel selten genug vorkommen, wenn Niemand die Angabe von Santorini vollkommen bestätigt. Ich habe diesen Muskel nicht gesehen.

M. kerato-cricoideus (Merkel,[4] Henle) oder auch *m. crico-thyr. post.* (Bochdalek,[5] Luschka).

Kommt häufig vor, aber gewöhnlich nur an einer Seite.

Ursprung. *Cart. cricoidea* gleich nach innen von der *articulatio crico-thyreoidea*.

---

[1] Merkel l. c. p. 139.

[2] Santorini l. c. Tab. 3, Fig. 1, lit. h. Fig. 2, lit. M, p. 104.

[3] Luschka l. c. p. 126.

[4] Merkel l. c. p. 132, Fig. 44.

[5] Bochdalek. Österreichische Zeitschrift für praktische Heilkunde 1860, Nr. 4, p. 51 (nebst Abbildung).

Insertion. Hintere Seite des *cornu inferius c. thyreoideae.*

M. ary-corniculatus obliquus Luschka.[1]

Ursprung. Medialer Umfang eines *proc. muscularis.*

Insertion. Spitze der entgegengesetzten *cartil. Santorini.*

Beide Muskeln kreuzen sich hinter dem *m. arytaenoideus transversus,* und würden also auch einen Bestandtheil des *arytaenoideus obliquus autorum* bilden.

M. ary-corniculatus rectus Luschka.[2]

Ursprung. Concave, hintere Fläche der *c. arytaenoidea.*

Insertion. Perichondrium der unteren concaven Seite der *cartilago Santorini.*

C. Anomale Muskeln und Muskelbündel.

1. **M. crico-corniculatus** Tourtual.[3]

Entspringt vom oberen Rande der Platte der *cart. cricoidea,* geht hinter dem *m. arytaenoideus transversus* schräg aufwärts zur rechten oder linken *cart. Santorini.* Varietät des *ary-corniculatus obliquus.*

2. **M. thyreoideus transversus anomalus** Gruber.[4]

Zwischen beiden *processus marginales* vor dem *ligam. conoideum.* 1 Mal. Affenbildung.

Ursprung und Insertion. Längs der ganzen *incisura inferior media* und von den beiden *processus marginales,* theilweise auch vom *lig. conoideum.*

3. Nicht selten soll aber nach Luschka (l. c. p. 128) der vorige Muskel nur einseitig vorhanden sein, dann ist:

Ursprung. *Processus marginalis.*

---

[1] Luschka l. c. p. 137, Tab. VII, Fig. II, 6.

[2] Luschka l. c. p. 138, Taf. VII, Fig. III, 4.

[3] Henle l. c. p. 257, Fig. 183 x. Tourtual. Neue Untersuchungen über den Bau des menschlichen Schlund- und Kehlkopfes. 1846, p. 105.

[4] W. Gruber. Oesterreichische med. Jahrbücher. Bd. 52, Wien 1845. p. 148, Fig. 8, Nr. 4.

Insertion. Mitte des unteren Randes der *cartil. thyreoidea.* Er geht quer über das obere Ende des *m. crico-thyreoideus rectus.*

4. **M. crico-thyreoideus post. anomalus** Macalister.[1]

1 Mal, rechte Seite.

Kleiner, viereckiger, steil medianwärts über den *crico-thyreoideus obliquus* ansteigender Muskel.

Ursprung. Hintere Grenze des Bogens der *cartilago cricoidea.*

Insertion. Aussenfläche der *cart. thyreoidea.*

5. **M. kerato-arytaenoideus** Gruber.[2]

Ein Bündel, welches von der medianen Seite des *cornu breve* entspringt, und sich an den seitlichen Rand des *m. crico-arytaenoideus posticus* anschliesst.

Insertion. *Processus muscularis.* Varietät des *m. kerato-cricoideus.*

6. **M. thyreo-trachealis** Gruber.[3]

Vom seitlichen Theil des mittleren Ausschnittes des unteren Randes der *cart. thyreoidea* zwischen den *musculis crico-thyreoideis rectis.* Ist einfach oder doppelt, oder zweiköpfig.

Insertion. An einem der oberen neun Ringe der *trachea* mit einer Aponeurose.

7. **M. levator glandulae thyreoideae.**[4]

Besteht nach Luschka aus denselben Muskelbündeln, die sich aber nicht an der *trachea,* sondern am *isthmus glandulae thyreoideae* inseriren.

---

[1] Luscka l. c. p. 128 und A. Macalister. Royal Irish Academy 1866. Vol. IX, Pl. VI, Fig. 3.

[2] W. Gruber. Archiv für Anatomie und Physiologie und wissenschaftliche Medicin. Leipzig 1868, p. 640. Taf. XV *C. a.*

[3] W. Gruber. Bulletin de l'acad. impér. de sciences de St. Pétersbourg 1861. III. 478—482, Fig. 1 *u*, 2 *a.*

[4] Nach Gruber entspringt dieser Muskel von verschiedenen Stellen des Schildknorpels, nach J. F. Meckel aber vom unteren Rande der *cart. thyreoidea.*

8. Bündel, die vom *m. thyreo-arytaenoideus superior* in den *crico-arytaenoideus posticus* übergehen, und sich seinen Bündeln zugesellen.[1]

9. Bündel vom *arcus cartilaginis cricoideae* (neben dessen Mitte entspringend, und neben dem medialen Rande des *m. crico-thyreoideus* verlaufend), die schräg nach aussen hinauf über den lateralen Rand der *cartilago arytaenoidea* hinter dem *m. arytaenoideus transversus* zur *cartilago arytaenoidea* der entgegengesetzten Seite hinziehen. Sehr selten.[2]

10. Bündel vom oberen Rande der *c. thyreoidea* (Mitte). gehen in die Faserung des *m. arytaenoideus transversus* über, um sich am lateralen Rande der entgegengesetzten *c. arytaenoidea* zu inseriren. Rarität.[3]

11. Bündel vom *m. arytaenoideus transversus*, die vom lateralen Rande der *c. arytaenoidea* steil medianwärts an der hinteren Fläche dieses Knorpels bis zu seiner Spitze ansteigen. Selten.[4]

12. Bündel des *m. arytaenoideus transversus* (von einer oder beiden Seiten), die den lateralen Rand der *c. arytaenoidea* überschreiten und in den *thyreo-arytaenoideus* übergehen. Varietät des *m. thyreo-arytaenoideus obliquus Santorini.*[5]

13. Bündel vom *m. crico-thyreoideus obliquus* in den *m. laryngo-pharyngeus* übergehend.[6]

14. Bündel vom *m. palato-pharyngeus*, die sich dem *m. ary-epiglotticus* und *m. thyreo-epiglotticus* zugesellen und bis zu deren Ursprunge verlaufen.[7]

15. **M. thyreo-epiglotticus minor** Santorini.[8]

Ursprung. Neben dem oberen Rande des Schildknorpels nach innen zu. Geht vor der Insertion des *arcus pharyngo-epiglotticus* fast vertical hinauf.

---

[1] Luschka l. c. p. 126 und Merkel l. c. p. 145, Fig. 47 *a-g*.
[2] Luschka l. c. p. 125.
[3] Luschka l. c. p. 118.
[4] Luschka l. c. p. 118.
[5] Luschka l. c. p. 117.
[6] Henle l. c. p. 251.
[7] Henle l. c. p. 253.
[8] Santorini l. c. p. 112, Tab. 3, Fig. 2, lit. P.
Theile (die Lehre von den Muskeln in Sömmering's

Insertion. Unterer Seitentheil der *epiglottis*. Selten.

16. **M. thyreo-epiglotticus longus** Krause. Eine seltene Varietät. Wenn der *thyreo-epiglotticus major Santorini* durch Muskelbündel verstärkt wird, die ihren Ursprung neben dem unteren Horne der *c. thyreoidea*, oder sogar von der *c. cricoidea* nehmen.[1]

17. Bündel des *crico-aryt. lateralis*, die sich am *proc. muscularis* dem *m. ary-epiglotticus Santorini* anschliessen.[2]

18. Ein Bündel des *thyreo-aryt. externus*, welches oberflächlich die Fasern des *m. thyreo-ary-epiglotticus* von Henle kreuzend, zur *cart. corniculata* verlief. 1 Mal.[3]

Physiologischer Theil.

Der zum Einathmen weit geöffnete Kehlkopf.

Wenn man mittelst des Kehlkopfspiegels den zum Einathmen erweiterten Kehlkopf betrachtet, so sieht man die *cornua laryngis (cartilagines Santorini)* weit von einander entfernt, und die Form der Stimmritze zeigt, dass die Giessbeckenknorpel nicht nur mit ihren Stimmfortsätzen, sondern in ihrer ganzen Masse zur Seite gezogen, und so von einander entfernt sind. Die Stimmritze ist nicht lanzettförmig, sie ist nach hinten weit ausgerundet, und erst vom Stimmfortsatze an convergiren ihre Ränder, hier die wahren Stimmbänder, in gerader, oder nach innen leicht concaver Linie nach vorn.

Die Ansicht, dass die Einathmungsstellung insofern der Kehlkopf dabei wirklich geöffnet ist, eine rein passive sei, findet

---

Anatomie. Bd. III, 1. Abth. 1841, p. 98) zweifelt an der Existenz dieses Muskels, weil er in einem Falle, wo er diesen Muskel vor sich zu haben glaubte, ihn bei näherer mikroscopischer Untersuchung nicht mehr als Muskel ansprechen durfte.

[1] Henle l. c. p. 253.

[2] Henle l. c. p. 255.

[3] Henle l. c. p. 255, Fig. 183. *y*.

ihre Widerlegung in den Veränderungen, welche der Kehlkopf bei Durchschneidung seiner sämmtlichen motorischen Nerven erleidet.

Es versteht sich von selbst, dass die *M. arytaenoidei transversi* und *obliqui* erschlafft sein mussten, um zu gestatten, dass die Giessbeckenknorpel sich von einander entfernen konnten, und dass Letzteres durch Muskelwirkung zu Stande gebracht sein müsse. Es kann sich nur darum handeln, welche Muskeln sich an dieser Arbeit betheiligen.

Als Eröffner der Stimmritze gilt der *m. crico-arytaenoideus posticus*, während der *m. crico-arytaenoideus lateralis* als ein Verengerer der Stimmritze beschrieben wird. Er ist dieses, wie wir später sehen werden, allerdings unter gewissen Umständen. Wenn er aber gleichzeitig mit dem *m. crico-arytaenoideus posticus* wirkt, u. zwar so, dass letzterer das Übergewicht hat, so wird seine drehende Wirkung auf den Giessbeckenknorpel durch die des *m. crico-arytaenoideus posticus* überwogen, und letzterer wendet den Stimmfortsatz nach aussen.

Ausser ihrer drehenden Wirkung ziehen aber beide Muskeln den *processus muscularis* des Giessbeckenknorpels und damit den Giessbeckenknorpel selbst, nach abwärts. Hierin sind sie keine Antagonisten, sondern gleichsinnig arbeitende Muskeln. Dass der *m. crico-arytaenoideus lateralis* hierbei mitwirkt, wird dadurch wahrscheinlich, dass seine Fasern an Leichenkehlköpfen gleichfalls erschlafft und geknickt werden, wenn man diese Bewegung ausführt, obgleich auch weniger, als die des *m. crico-arytaenoideus posticus*. Es scheinen seine gespannten Fasern als Leitseile zu dienen, während der Hauptzug nach abwärts und die Wendung des Giessbeckenknorpels durch den *m. crico-arytaenoideus posticus* bewirkt wird.

Die Folge dieses Zuges ist bei der Schlaffheit des Kapselbandes, durch welches Ring- und Giessbeckenknorpel mit einander verbunden sind, das nach Ab- und Auswärtsrutschen des letzteren auf der nach aussen schräg absteigenden, convexen Gelenkfläche[1] des Ringknorpels.

---

[1] Eine kurze, aber gute Schilderung des Wesentlichen über die *articulatio crico-arytaenoidea* siehe in Vierordt's Grundriss der Physio-

Das *ligamentum triquetrum*,[1] dessen Fasern, bei verengter Stimmritze, parallel dem Stimmbande, also parallel dem medianen Durchmesser des Kehlkopfes stehen, wird hierbei so nach aussen gewendet, dass seine Fasern nun tangential stehen zu der hinteren Rundung der Stimmritze.

Ihre Verlängerung würde also mit denen der anderen Seite nunmehr einen stumpfen Winkel machen.

Wenn wir gesehen haben, dass hier der *crico-arytaenoidaeus lateralis* mit dem *crico-arytaenoidaeus posticus* zur weiten Eröffnung der Stimmritze behufs des Einathmens beitragen kann, so gilt dieses nicht von dem ihm benachbarten *m. thyreo-aryt. externus*. Bei diesem kommt die etwa nach abwärts ziehende Componente, die ausserdem nur den untersten Faserbündeln eigen sein könnte, gegen die mächtige drehende Wirkung gar nicht in Betracht. Er würde bei seiner Zusammenziehung immer nur den Stimmfortsatz nach innen wenden. Er muss im Gegentheil in der Einathmungsstellung erschlafft sein, denn nur dadurch ist es möglich, dass der nach innen von ihm liegende Stimmfortsatz sich so weit nach aussen wendet, wie er es der directen Kehlkopfspiegel-Beobachtung nach thut.

Auch das *stratum ary-syndesmicum* wird erschlafft sein, denn bei dem Umstande, dass es schon oberhalb des Ringknorpels

---

logie des Menschen. Tübingen 1871, p. 462. Eine sehr ausführliche Schilderung der Verhältnisse dieses Gelenkes ist zu finden im Handwörterbuch der Physiologie von Wagner. B. IV, München 1853, in der Abhandlung über Stimme von E. Harless.

[1] Das *ligamentum triquetrum*, oder *lig. crico-arytaenoideum*, ist nach Henle (l. c. pag. 241) eine Verstärkung der sonst sehr schwach entwickelten Kapselmembran der *articulatio crico-arytaenoidea*. Es ist ein sehr starkes Band, welches sich an der inneren Seite dieses Gelenkes befindet. Harless (l. c.) theilt dieses Band in zwei Theile, *portio triangularis, s. posterior* und *portio rectangularis, s. interna*.

Es ist namentlich letztere Portion, deren Durchschnitt ich in Fig. I, *i* abgebildet habe. Auch ist es sie, welche hauptsächlich zu berücksichtigen ist, wenn ich weiter vom *lig. triquetrum* spreche. Sie bestimmt nämlich die Entfernung des hinteren, inneren, unteren Winkels des Giessbeckenknorpels von der zunächst der Medianebene liegenden Region des hinteren, inneren Saumes des oberen Randes des Ringknorpels, an welchen sie sich anheftet.

liegt, und als Unterlage keinen Knorpel, sondern nur die *membrana laryngis elastica* hat, kann es nicht zur Erweiterung, sondern nur zur Verengerung des Lumens des Kehlkopfes beitragen. Wenn man sich die *strata ary-syndesmica* beider Seiten durch das *ligamentum conoideum* verbunden denkt, so bilden sie eine Schlinge, welche sich um den Kehlkopf zusammenzieht, und dabei zugleich die Giessbeckenknorpel in dem Sinne dreht, dass die Stimmfortsätze gegen einander gedrückt werden.

Auch der *m. crico-thyreoideus* muss erschlafft sein, oder er muss wenigstens so wenig zusammengezogen sein, dass der Schildknorpel dem Zuge des Stimmbandes nach rückwärts folgt, oder wenn man will, die Siegelplatte des Ringknorpels dem Zuge nach vorwärts; denn bei der Einathmungsstellung ist die Entfernung zwischen der Siegelplatte des Ringknorpels und dem vorderen Winkel des Schildknorpels kleiner, als bei verengerter Stimmritze und gespannten Stimmbändern.

Im letzteren Falle wird nämlich diese Länge durchmessen durch das wahre Stimmband, den im Stimmbande liegenden Theil des Giessbeckenknorpels und das *lig. triquetrum* (Vergl. Fig. I). Alle drei bilden mit einander eine gerade Linie. Bei der Einathmungsstellung aber werden Giessbeckenknorpel und *lig. triquetrum* nach aussen gewendet, so dass sie mit dem Stimmbande einen Winkel machen. Die Entfernung aber der Siegelplatte des Ringknorpels vom Winkel des Schildknorpels wird noch immer gemessen durch eine gerade Linie, welche vom Ursprunge des *lig. triquetrum* zum Ansatze des wahren Stimmbandes gezogen gedacht wird; und da eine Seite eines Dreieckes immer kleiner ist, als die Summe der beiden andern, so muss jetzt die erwähnte Entfernung kleiner sein, als sie ist bei verengerter Stimmritze und gespannten Stimmbändern. Dasselbe was vom *m. crico-thyreoideus* gesagt ist, gilt auch vom *m. thyreo-aryt. internus*. Denn auch dieser würde, wenn er sich wirksam zusammenzöge, den Winkel, welchen die innere Begrenzung des Giessbeckenknorpels mit dem Stimmbande macht, in eine gerade Linie verwandeln.

Von der mehr oder weniger vollständigen Erschlaffung dieser beiden Muskeln hängt es wahrscheinlich ab, dass in der

Einathmungsstellung die Stimmbänder bald gradlinig, bald concav erscheinen.

Es ist klar, dass in unserem Falle der *m. aryt. transversus* erschlafft sein muss, weil die beiden Giessbeckenknorpel weit von einander entfernt sind. Es ist überhaupt zweifelhaft, ob der *m. aryt. transversus* jemals in der Weise, wie es sich Cruveilhier[1] vorstellt, in Action tritt, da der *m. aryt. transversus* an der hinteren Fläche der Giessbeckenknorpel liegt, und vom äusseren, lateralen Rande des einen zum äusseren Rande des anderen hingeht, so muss er immer das hintere, am *lig. triquetrum* angeheftete Ende beider gegen einander drängen, nur die *proc. vocales* könnte er durch Rotation der Giessbeckenknorpel um eine senkrechte Axe von einander entfernen, und so stellt es sich auch Cruveilhier offenbar vor. Es würde das aber eine Stimmritze geben, die hinten, so weit das *lig. triquetrum* reicht, geschlossen ist, die sich dann lanzettförmig ausweitert bis gegen das Ende des Stimmfortsatzes, so dass dann die Stimmbänder im engeren Sinne des Wortes die langen Seiten der Lanzettform bildeten, und deren Spitze zwischen sich einschlössen. Ich weiss nicht, ob eine solche Stimmritzenform jemals beobachtet ist, ich habe sie nie gesehen.

Cruveilhier erwähnt übrigens selbst, dass viele Anatomen die entgegengesetzte Wirkung für diesen Muskel an-

---

[1] J. Cruveilhier, Traité d'anatomie descriptive. T. II. Paris 1865—1868, p. 253. Action du muscle aryténoidien. „Il semble au premier abord, que ce muscle doive rapprocher énergiquement les deux cartilages aryténoides l'un de l'autre, et qu'il soit en conséquence le constricteur de la glotte; mais si l'on considère qu'il s'insère aux bords externes de ces cartilages, on comprendra que, tout en les rapprochant l'un de l'autre, il leur fasse exécuter un mouvement de bascule en vertu duquel le sommet de l'apophyse vocale est porté en dehors et la corde vocale tendue, mais écartée de l'axe. Si l'on se rappelle que le thyro-aryténoidien fait exécuter un mouvement de bascule en sens opposé, on comprendra que l'action simultanée de ces muscles doit avoir pour résultat la tension de la corde vocale avec immobilité de l'apophyse. Les deux muscles aryténoidien et thyro-aryténoidien sont donc antagonistes sous le rapport du sens dans lequel se fait le mouvement de bascule. Tous deux sont tenseurs des cordes vocales; mais l'aryténoidien est un dilateur et le thyro-aryténoidien un constricteur."

nehmen. Er erwähnt auch der Versuche von Longet[1] die auch gegen seine Ansicht sprechen. Longet hat nämlich an Thieren (Hunden, Ochsen und Pferden) die Nervenbündel, welche zum *m. arytaenoideus transversus* gehen, elektrisch gereizt, und gesehen, dass die *glottis* sich verengerte, und die Aryknorpel sich mit Gewalt einander näherten.

Die zum Tönen verengte Stimmritze.

Wenn man sich denkt, dass der *m. crico-thyreoideus* mit mässiger Kraft wirke, und alle übrigen Muskeln vorläufig erschlafft seien, so wird das Stimmband von hinten nach vorne gradlinig ausgespannt, und seine Kante wird im vorderen Theile gebildet durch die *chorda vocalis* im engeren Sinne des Wortes, dann folgt der Giessbeckenknorpel, dann das sich rückwärts an den Ringknorpel ansetzende *lig. triquetrum*. (S. Fig. I, *g—g*.)

Die festen Punkte liegen also einerseits in dieser Insertion, andererseits in der Anheftung des Stimmbandes im Winkel des Schildknorpels. Da die Insertionen beider Seiten nahe bei einander liegen, so muss bei gradliniger Spannung der Stimmbänder zwischen beiden ein schmaler Spalt, *rima glottidis*, entstehen.

Wenn man indessen an der Leiche die stumpfe Kante des Stimmbandes betrachtet, so begreift man kaum, wie dasselbe durch die herausströmende Luft mit solcher Leichtigkeit und Sicherheit in Schwingungen versetzt werden kann, wie das im Leben thatsächlich der Fall ist.

Die Beobachtung am Lebenden zeigt auch, dass während des Tönens das Stimmband wesentlich anders gestaltet ist, als an der Leiche. Im Augenblicke, wo es anspricht, sieht man eine dünne, scharfe Kante vorspringen, welche vom Luftstrom erfasst und in Schwingungen versetzt wird. Die Mechanik, mittelst welcher dieses geschieht, kennen wir nicht mit Sicherheit. Wir können darüber nur Vermuthungen aussprechen.

---

[1] Longet. Traité de physiologie. T. I. 2e partie. De la voix.

Wenn man den Kehlkopf einer Leiche zum Anblasen zurichten will, so muss man die Stimmfortsätze gegen einander wenden, und dann eine starke Nadel quer durch die beiden Giessbeckenknorpel hindurchstossen, und die letzteren durch Achtertouren um sie und die Nadel in ihrer Lage fixiren, wie das bereits Johannes Müller[1] bei seinen Versuchen that. Man muss hiernach vermuthen, dass auch im Leben dem *processus vocalis* in der tönenden Stimmritze eine relativ feste Stellung durch Muskelwirkung angewiesen ist. Eine absolut feste kann es nicht sein, weil bei den tieferen Tönen das Stimmband als Ganzes schwingt und somit auch der Stimmfortsatz in Bewegung gesetzt werden muss. Dass dieses in der That geschieht, kann ich nach meinen eigenen Kehlkopfspiegel-Beobachtungen bestätigen. Diese relativ feste Stellung kann ihm gegeben werden in erster Reihe durch den *m. crico-thyreoideus*, zunächst durch den *m. thyreo-arytaenoideus internus*, aber auch unter Mitwirkung des *m. thyreo-aryt. externus*. Wir müssen hier schon den *m. thyreo-aryt. internus* in zwei strata theilen: in ein *stratum internum* und in ein *stratum externum*, wie wir es schon theilweise im anatomischen Theile in Hinsicht der Insertion gethan haben. In der Höhe des Stimmbandes macht nämlich der Stimmfortsatz einen fast rechten Winkel mit dem Durchschnitte des Körpers des Giessbeckenknorpels. Der Durchschnitt ist in Fig. I dargestellt. Wenn man hier die Fasern des *ligam. triquetrum* sich nach vorn verlängert denkt, so fallen sie in die Richtung des *stratum internum*, welches von der äusseren Partie des Stimmfortsatzes und dessen Übergang zur *fovea ovalis* entspringt. (Fig. I, *i.* 1—1.) Dieser Theil des *m. thyreo-arytaenoideus internus* dreht also den Giessbeckenknorpel nicht, sondern zieht ihn nach vorn, oder sucht nur den Giessbeckenknorpel und Schildknorpel einander zu nähern. Der andere Theil des Muskels, das *stratum externum* aber, welches aus der *fovea ovalis* entspringt, hat diese seine Ursprünge nach aussen vom *lig. triquetrum* (Fig. I, 2—2), und dreht desshalb den Giess-

[1] Joh. Müller, Handbuch der Physiologie des Menschen, Bd. II, Coblenz 1840 p. 185.

beckenknorpel um die Anheftung desselben, und zwar so, dass der *processus vocalis* nach innen gewendet wird. Zur relativen Feststellung des *processus vocalis* können ausserdem die übrigen Muskeln mitwirken, welche sich am Giessbeckenknorpel anheften.

Die *M. arytaenoidei transversi* müssen dabei als verkürzt gedacht werden, weil die Giessbeckenknorpel einander genähert sind. Man hat ihnen aber hier keine besondere Kraftleistung zuzutrauen, wie wir solches später beim Verschlusse des Kehlkopfes kennen lernen werden, da die Giessbeckenknorpel schon passiv durch die Anspannung des Stimmbandes und des *ligamentum triquetrum* einander genähert werden. Die *M. arytaenoidei transversi* müssen sogar unter Umständen etwas nachgeben, und die Giessbeckenknorpel nach hinten etwas von einander treten lassen. Ich habe bei den tiefsten Tönen der Weiberstimme deutlich beobachtet, dass die Stimmritze sich nach rückwärts von den Enden der Stimmfortsätze erweiterte. Ich erkläre mir dieses so, dass die Stimmfortsätze nach innen gewendet sein mussten, damit die Stimmbänder leicht und sicher ansprechen, und dass sie sich andrerseits doch nicht berühren durften, damit noch das Stimmband als Ganzes bis zum Ansatz des *ligamentum triquetrum* am Ringknorpel schwingen könne. Die *M. arytaenoidei obliqui* scheinen bei tönender Stimmritze in der Regel nicht, oder nur mässig zusammengezogen zu sein, denn sonst würde voraussichtlich auch ihre Fortsetzung, die *musculi aryepiglottici*, sich contrahiren, und den Kehldeckel herabziehen, was in der Regel nicht der Fall ist.

Wenn man sich so den Stimmfortsatz nach innen gewendet, und relativ fixirt denkt, ohne dass er gegen den der anderen Seite angepresst ist, so kann die Stimmbandkante schärfer hervorspringen, als solches bei frei beweglichem Giessbeckenknorpel der Fall ist, denn nun spannen sich einerseits die Fasern, welche von seiner Spitze zu Luschka's vorderem Sesamknorpel gehen, parallel mit der Medianebene des Kehlkopfes an, und andererseits schieben die in der Ruhelage nach aussen convex gebogenen Fasern des *stratum internum* des *musculus thyreo-aryt. internus*, indem sie sich gerade richten, alles von ihnen nach innen Liegende der Medianebene zu, so die elastischen und Bindewebsfasern der *chorda vocalis* im engeren

Sinne des Wortes und den vorderen Sesamknorpel, an dessen äusserer Seite sich ein Theil von ihnen befestigt. Dieser vordere Sesamknorpel kann dadurch gegen den der anderen Seite gedrängt, und so die *rima glottidis* an ihrem vorderen Ende so weit verengt werden, als es die Tonbildung erheischt. Ob möglicherweise ein Unterschied in dem Grade dieses Aneinanderdrängens bei tiefen und bei hohen Tönen zu erwarten ist, wird später besprochen werden.

Der *musculus thyreo-arytaenoideus* gilt allgemein als Erschlaffer des Stimmbandes, und als Antagonist des Spanners desselben, des *m. crico-thyreoideus*, und das ist er auch in der That.

Es würde aber irrthümlich sein, wenn man voraussetzen wollte, dass er niemals gespannt sein könnte, ohne dass das Stimmband erschlafft sei. Erschlaffen kann er das Stimmband nur dann, wenn ihm sein Antagonist, der *m. crico-thyreoideus*, nachgibt. Solange dieses nicht der Fall ist, ist immer das Stimmband gespannt, und zwar durch die Differenz der Kräfte, welche wir erhalten, wenn wir von den Kräften, welche die Anheftung des Stimmbandes an den Schildknorpel von der des *lig. triquetrum* an den Ringknorpel zu entfernen suchen, die Kräfte abziehen, welche diese Punkte einander zu nähern trachten. Es gilt dies zunächst für das *stratum internum* des *thyreo-aryt. internus*. Die drehenden Wirkungen des *stratum externum* und des *m. thyreo-aryt. externus* können unbeschadet der Spannung der Stimmbänder in Wirksamkeit treten, soweit sie nicht dadurch einigermassen gehemmt sind, dass der Stimmfortsatz sich im angespannten Stimmbande stets nach vorn zu richten sucht. Es kommt dies übrigens für den *m. thyreo-arytaenoideus* nur dann in Betracht, wenn die Stimmfortsätze, wie wir dieses oben für tiefe Töne gesehen haben, im stumpfen Winkel vorspringen, ohne sich zu berühren, oder wenn ein Stimmband gelähmt ist, und das andere desshalb über die Mittellinie hinaus bewegt wird, um die Stimmritze noch zum Tönen zu verengern.

Der Verschluss der Stimmritze.

Die Stimmritze kann selbstständig und für sich fest verschlossen werden, ohne dass die obere Kehlkopföffnung verschlossen ist. Dieser Verschluss wird vorübergehend überaus

häufig gebildet, so beim Sprechen, bei oder vielmehr vor der Bildung der anlautenden Vocale, im Arabischen auf das Zeichen Hamze[1], auch im In- und Auslaut. Er scheint auch zu entstehen beim Ansatz zum Vomiren, denn mit dem Laut, der dabei entsteht, wird das Ain[2] der Araber verglichen, welches nachweislich dadurch hervorgebracht wird, dass man die Stimmritze verschliesst, und dann die Luft in kleinen tönenden Explosionen hindurchdrängt.

Der Verschluss der Stimmritze lässt sich am leichtesten aus der zum Tönen verengten Stimmritze ableiten. Denkt man sich die *M. arytaenoidei transversi* zusammengezogen, und den *m. thyreo-aryt.* zusammenwirkend mit dem *stratum ary-syndesmicum* und dem *m. crico aryt. lateralis*, so wird hierdurch die sogenannte *Glottis respiratoria*, d. h. der Raum zwischen den beiden Giessbeckenknorpeln und den beiden *ligam. triquetris* geschlossen; denn hinten werden die beiden Giessbeckenknorpel aneinander gedrängt durch die *M. arytaenoidei transversi*, und vorn werden die Stimmfortsätze aneinandergedrängt durch das Zusammenwirken der übrigen erwähnten Muskeln. Es scheint mir nicht nothwendig, dass bei dieser Action die *M. crico-arytaenoidei postici* erschlafft seien. Wenn die Action mit einiger Kraft durchgeführt wird, so sind sie es vielleicht nicht; denn es ist, wie oben erwähnt, ein allgemeiner Grundsatz, dass bei Anstrengungen alle Muskeln, welche zur Erreichung des Zieles beitragen können, auch mitarbeiten, und die *M. crico-aryt. postici*, namentlich die oberen Fasern derselben haben eine Componente, welche die Giessbeckenknorpel gegen einander drängt. Es scheint auf den ersten Anblick ein Widerspruch darin zu liegen, dass hier der *m. crico-aryt. posticus* und *lateralis* zusammen wirken sollen, während wir sie auch zusammen wirken liessen bei der weiten Eröffnung des Kehlkopfes. Man darf aber nicht vergessen, dass bei dieser die *M. arytaenoidei transversi* und der *m. thyr. aryt. externus* erschlafft waren, während sie

---

[1] Vergleiche Beiträge zur Lautlehre der arabischen Sprache v. Prof. E. Brücke. Sitz. der Wiener Akad. d. W. 1860. April (phil.-hist. Classe) p. 329.

[2] Brücke, vergleiche l. c. p. 332.

jetzt zusammengezogen sind. Durch Letzteres wird es unmöglich, dass die nach abwärts ziehenden Componenten des *m. crico-arytaenoideus posticus* und *lateralis* den Giessbeckenknorpel auf der schrägen Gelenkfläche nach abwärts schleppen, und so den einen von dem anderen entfernen.

Die *glottis vocalis* wird offenbar geschlossen durch die Wirkung des *m. thyreo-arytaenoideus internus*. Nicht nur, dass er die Stimmfortsätze gegen einander drängt, er drängt auch die *chordae vocales* im engeren Sinne des Wortes gegen einander, und ebenso die Schleimhaut, welche nach abwärts auf das eigentliche Stimmband folgt, und sich schon durch die eingestreuten Schleimdrüsen (siehe Fig. I, *h*) unterscheidet. Es muss hier wiederholt werden, dass zwar in die *chorda vocalis* im engeren Sinne des Wortes keine Muskelfasern hineingehen, dass aber unmittelbar unter derselben solche in der Bedeckung des Stimmbandes ihre Insertionen finden, und zwar einerseits vor dem *proc. vocalis*, andererseits in der Nähe des vorderen Endes des Stimmbandes. Bei den Katzen existirt hier sogar ein eigener, deutlich getrennter Muskel, welchen ich in Fig. II, 1—1, abgebildet habe.

Diese Muskelfasern sind begreiflicherweise im erschlafften Zustande gegen den Rand des Stimmbandes hin concav; wenn sie sich aber zusammenziehen, so müssen sie sich, vorausgesetzt, dass der Schildknorpel durch den *m. crico-thyreoideus* fixirt ist, strecken, und damit die nach innen von ihnen liegenden Bedeckungen gegen einander drängen. Hierdurch, und durch das stärkere Aneinanderdrängen der Sesamknorpel durch die Wirkung der weiter nach aussen liegenden Partie des *m. thyreo-arytaenoideus internus* scheint der Verschluss der *glottis vocalis* zu Stande zu kommen. Es ist nicht bekannt, wie weit dieser Verschluss nach abwärts reicht. Es ist auch nicht bekannt, wie weit die Verdickung, welche der *m. thyreo-arytaenoideus internus* bei seiner Contraction erfährt, für denselben mitwirkt. Es scheint indessen nicht, dass die letztere für ihn sehr wesentlich in Betracht komme, denn ein Muskel kann sich nur verdicken in dem Grade, als er sich verkürzt. Man sieht aber die Stimmritze sich schliessen und sich wieder zum Tönen eröffnen, anscheinend ohne einen merklichen Wechsel in der Spannung der Stimmbänder,

und eine solche müsste sich bei einer belangreichen Verkürzung des *m. thyreo-arytaenoideus internus* doch bemerklich machen.

Das Aufsteigen in der Tonhöhe.

A. Spannung der Stimmbänder.

Es gibt nur einen wirklichen Spanner des Stimmbandes, das ist der *m. crico-thyreoideus*. Seine Wirkung ist hinreichend bekannt. Indem er den Schildknorpel um eine, durch die *cornua inferiora* gehende Axe dreht, nähert er vorne Ring- und Schildknorpel einander, und entfernt zugleich die vordere Anheftung des Stimmbandes von der hinteren, oder, was dasselbe ist, die hintere von der vorderen. Es ist nämlich für die Erzeugung der Spannung gleichgültig, ob sich der Schildknorpel bewegt, und der Ringknorpel ruht, oder ob der Ringknorpel sich bewegt, und der Schildknorpel ruht; oder ob alle beide sich bewegen. Thatsächlich scheint die Bewegung, wenigstens der Hauptsache nach, mit dem Ringknorpel vorzugehen, wenigstens behauptet das Jelenffy nach Beobachtungen an sich selber.[1]

Es ist viel über die Wirkung des *m. thyreo-arytaenoideus internus* bei der Spannung des Stimmbandes gesprochen worden: um aber hier keine Verwirrung anzurichten, muss man unterscheiden zwischen seiner Wirkung auf das ganze Stimmband und auf die *chorda vocalis* im engeren Sinne des Wortes. Das Stimmband im Ganzen kann er nicht stärker spannen. Die Spannung desselben hängt nur vom *m. crico-thyreoideus* ab.

Wenn ich an einem Strick 100 Pfund aufhänge, und im Verlauf desselben einen Flaschenzug anbringe, so kann ich den Strick dadurch nicht stärker spannen, dass ich den Flaschenzug zusammenziehe. Andrerseits kann er das Stimmband als Ganzes auch nicht abspannen, so lange der *m. crico-thyreoideus* mit gleicher Kraft wirkt. Ich denke mir dabei die Kraft immer ausgedrückt durch ein bestimmtes Gewicht. Daraus folgt aber nicht,

---

[1] Der *m. crico-thyreoideus* v. Dr. Jelenffy. Pflüger's Archiv Bd. VII, p. 77—90. 1873.

dass der *m. thyreo-aryt. internus* die Schwingungsdauer des ganzen Stimmbandes nicht beeinflussen könne. Denn je nachdem er erschlafft, oder zusammengezogen ist, verändert der Theil des Stimmbandes, dessen Substanz er bildet, wesentliche physikalische Eigenschaften — Consistenz u. Elasticität. Über die Art, wie das auf die Tonbildung wirkt, kann man zwar Vermuthungen aufstellen, die aber bis jetzt nicht durch entscheidende Versuche bewahrheitet sind.

Ganz anders stellt sich der Einfluss des *m. thyreo-arytaenoideus internus* in Rücksicht auf die *chorda vocalis* im engeren Sinne des Wortes dar. Für die *chorda vocalis* im engeren Sinne des Wortes ist er ein Abspanner. Neben ihr liegend, nähert er ihren Ursprung vom Stimmfortsatz ihrer Anheftung an den Schildknorpel, beziehungsweise an Luschka's vorderem Sesamknorpel. Es folgt aber daraus, wie wir schon früher gesehen haben, keineswegs, dass dieser Muskel immer erschlafft sein müsse, wenn die *chorda vocalis* gespannt sein soll. Er kann sich dabei mit mehr oder weniger Energie zusammenziehen. Aber die Spannung der *chordae* ist um so stärker, je mehr die Wirkung der *M. thyreo-arytaenoidei* von der der *M. crico-thyreoidei* überwogen wird.

Die Spannung wächst proportional der Differenz zwischen diesen beiden Wirkungen.

Ich führe noch die Ansicht von Vierordt[1] über die Wirkung des *m. crico-thyreoideus* an, weil sie ganz abweichend von den Ansichten der übrigen Physiologen erscheint. Er sagt: „Zur Spannung der Bänder diene ein doppelter Mechanismus: 1. Beide Insertionen würden in einem bestimmten Abstand von einander gehalten, d. h. auf die vordere Insertion wirke eine Zugkraft nach vorwärts, auf die hintere eine Zugkraft nach rückwärts; beide Kräfte seien aber im Gleichgewicht, so dass die Insertionen während der Production eines bestimmten Tones sich nicht verrücken. Der Zug nach vorwärts geschehe durch die *M. crico-thyreoidei*, deren Wirkung nicht etwa, wie man

[1] K. Vierordt. Grundriss der Physiologie des Menschen. Tübingen 1871. p. 465.

gewöhnlich meint, darin bestehe, dass sie den Schildknorpel dem Ringknorpel wirklich nähern, respective die Stimmbänder verlängern, sondern darin, dass sie den Abstand zwischen beiden Knorpeln, also die Lage der vorderen Stimmband-Insertionen, unverrückt erhalten. Nach rückwärts würden die Stimmbänder durch die *M. crico-arytaenoidei postici* gezogen, vorausgesetzt dass beide Giesskannen durch die Stimmschliesser an einander gepresst seien. Ist jedes Stimmband auf diese Weise gespannt, und für Fixation seiner beiden Insertionen gesorgt, so kann: 2. der *m. thyreo-arytaenoideus*, der von der Innenfläche des Schildknorpels innerhalb des sogenannten Stimmbandkörpers, rückwärts zur Giesskanne seiner Seite verläuft, durch seine Thätigkeit die Spannung des Stimmbandes vermehren."

Luschka[1] spricht auch so ziemlich dieselbe Ansicht aus.

G. Schmidt hat im Laboratorium von Professor Vierordt experimentelle laryngoscopische Studien an Katzen angestellt, und schliesst sich auch dieser Ansicht an, obgleich er vielleicht nach seinen Versuchen andere Schlüsse ziehen könnte. Er[2] sagt nämlich: „dass er gesehen habe, wenn die blossgelegten *M. crico-thyreoidei* electrisch gereizt wurden, wie die *cartilago cricoidea* sammt der elastischen *trachea* nach aufwärts bewegt wurde, nicht aber umgekehrt". Dessenungeachtet meint Schmidt, „es könne bei der Beurtheilung der reellen Verwendung eines Muskels im leidenden Organismus sich nicht darum handeln, was ein Muskel leisten könne in Anbetracht seines Ursprunges und seiner Insertion, oder was er leistet, wenn er gereizt wird, sondern man müsse die Bewegungen in Betracht ziehen, die in der Natur wirklich vorkommen, und so soll denn die genaueste Beobachtung des *interstitium crico-thyreoideum* zeigen, dass diese Bewegung gar nicht vorkomme." Dem entsprechend fand denn auch Schmidt[3], dass nach einseitiger Durchschneidung des *nervus laryngeus superior* beim Athmen das Stimmband auf der verletzten Seite länger war, und bei etwas stärkerer

---

[1] Luschka l. c. p. 129.

[2] Die Laryngoscopie an Thieren. Dr. G. Schmidt. Tübingen 1873. p. 46.

[3] l. c. p. 42.

Inspiration weiter nach aussen ging, als das auf der nicht verletzten Seite der Fall war.

Nach doppelseitiger Durchschneidung soll diese Veränderung der „*glottis*“ ebenfalls vorhanden gewesen sein, nur nicht so auffallend. Nach einseitiger Durchschneidung des *n. laryngeus superior* soll beim Tonangeben der vordere Theil der Stimmbänder bis zum *processus vocalis* eine sehr enge Spalte bilden, indem die Stimmbänder sich fast berühren, während der hintere Theil der *glottis* zwischen den Aryknorpeln offen bliebe, und eine rautenförmige Gestalt zeige. Bei doppelseitiger Durchschneidung hätten sich die Stimmbänder in fortdauernden leichten Bewegungen befunden, und die Stimme sei tiefer und heiserer, als bei einseitiger Durchschneidung geworden.

Dagegen hat Schech in München sowohl nach einseitiger, als nach doppelseitiger Durchschneidung des *n. laryngeus superior* an Hunden bei der gewöhnlichen Respiration die Stimmbänder weder in ihrer Form, noch in ihrer Beweglichkeit verändert gefunden. Während des Tonangebens aber zeigte sich nach einseitiger Durchschneidung des *n. laryngeus superior* das Stimmband etwas kürzer (nicht länger, wie bei Schmidt), und hatte in seiner vorderen Hälfte eine kleine, nach innen concave Ausbuchtung. Nach doppelseitiger Durchschneidung hingegen trat, während des Tonangebens, ein ziemlich beträchtliches elliptisches Klaffen der „Bänderglottis“ ein.

Schech[1] stellte seine Versuche, wie gesagt, an Hunden an, durchschnitt den *n. laryngeus superior* vor seiner Theilung, und zog folgende Schlüsse aus seinen Versuchen: dass die Durchschneidung des Nerven die Längsspannung des Stimmbandes verhindere, eine rauhe und tiefe Stimme zur Folge habe, und die Hervorbringung hoher Töne unmöglich mache.

Es sind also die Resultate, die Schmidt und Schech bekommen haben, einander diametral entgegengesetzt. Nach dem ersten würde also bei Paralyse des *m. crico-thyreoideus* das Stimmband verlängert, nach dem anderen verkürzt erscheinen.

---

[1] Zeitschrift für Biologie. IX. B., II. Heft, p. 270. München 1873. Dr. Ph. Schech.

Sollte dieser Unterschied in der Verschiedenheit der Versuchsthiere begründet sein, so würde dieses nur einen Grund abgeben, vor directen Schlüssen auf den Vorgang der Dinge beim Menschen zu warnen.

Der Ansicht von Vierordt kann ich aus zweierlei Gründen nicht beistimmen: erstens glaube ich mich an Menschen überzeugt zu haben, dass in der That beim in die Höhe Treiben der Stimme durch Anspannung der Stimmbänder mittelst der *M. crico-thyreoidei* der Raum zwischen Schild- und Ringknorpel sich etwas verkleinert. Auf einen grossen Unterschied kann man hier nicht rechnen, weil die Stimmbänder sich zwar spannen, aber nur wenig dehnen lassen; zweitens kann ein Muskel für sich allein den Theil, an den er sich anheftet, nicht feststellen, wenn er ihn nicht gegen eine Hemmung treibt. Alle anderen Fixationen sind das Resultat von der Wirkung wenigstens zweier Antagonisten, und so ist auch der actuelle Stand des Schildknorpels jedes Mal das Resultat der Kräfte der *M. crico-thyreoidei*, welche ihn nach vorne ziehen, und der Kräfte der *M. thyreo-arytaenoidei* nebst den elastischen Kräften der Stimmbandfasern, welche ihn nach rückwärts ziehen. Als Spanner des Stimmbandes kann hierbei immer nur der *m. crico-thyreoideus* angesehen werden, weil er Ursprung und Ansatz des Stimmbandes von einander entfernt, und wenn er allein den Schildknorpel fixirt, so geschieht dies nur dadurch, dass das gespannte Stimmband die nöthige Hemmung abgiebt.

Beim Menschen wird Paralyse dieses Muskels angenommen bei sicheren Zeichen der Erschlaffung des Stimmbandes. Es zeigt nämlich bei der Einathmung der mittlere Theil des Stimmbandes ein schwankendes Auf- und Absteigen, und es erscheint der Rand des Stimmbandes nicht scharf, sondern leicht wellig. Das Tonangeben kommt nur mit Mühe zu Stande.

B. Über Knotenbildung im Stimmband.

Als wir von der zum Tönen verengten Stimmritze sprachen, sind wir davon ausgegangen, dass das Stimmband als Ganzes in Schwingungen versetzt werden soll. Wenn aber die Giessbeckenknorpel aneinandergepresst werden, so geschieht dieses

nicht. Es entsteht ein Knoten an der Stelle, wo sie festgestellt werden, in ähnlicher Weise, wie ein Knoten entsteht an einer Violinsaite, welche der greifende Finger herabdrückt.

Da es sich um ein Aneinanderdrängen der Stimmfortsätze handelt, so können die sämmtlichen Muskeln in Wirksamkeit treten, welche den Stimmfortsatz nach innen rotiren, d. h. also das *stratum ext.* des *m. thyr. aryt. internus*, der *thyreo-aryt. externus* und der *m. crico-arytaenoideus lateralis*. Die *M. arytaenoidei transversi* können hierbei nicht erschlafft sein, weil sonst die beiden Giesbeckenknorpel von einander entfernt werden würden, ähnlich wie wir dieses beim Hha der Araber kennen lernen werden. Der Grad, bis zu welchem sie sich zusammenziehen, wird davon abhängen, ob auch die hintere Partie der Giessbeckenknorpel stärker aneinander gepresst werden soll, oder ob die Rotation überwiegt.

Ein zweiter Knoten kann möglicher Weise im vorderen Theile des Stimmbandes gebildet werden. Wenn das Stimmband als Ganzes schwingt, so ist darin auch Luschka's vorderer Sesamknorpel mit einbegriffen. Bei der Art und Weise aber, wie sich die Muskelfasern des *m. thyreo-arytaenoideus internus* theils an die äussere Seite desselben anheften, theils an derselben hart vorbeiziehen, um sich an den Schildknorpel zu heften, scheint es mir nicht unmöglich, dass sie beide Sesamknorpel bei ihrer Anspannung so aneinander drängen, dass dadurch die Schwingungen behindert werden, und somit auch ein vorderer Knoten entsteht. Ich muss schliesslich hinzufügen, dass ich hier den Ausdruck Knoten stets im weiteren Sinne des Wortes gebraucht habe für Ruhepunkt im Allgemeinen, nicht für Ruhepunkt zwischen zwei sogenannten Bäuchen.

Das Hinübergehen eines Stimmbandes auf die andere Seite.

Es ist bekannt, dass, wenn ein Stimmband gelähmt ist, und desshalb nicht bis zur Medianebene gebracht werden kann, sich die Stimmritze nichtsdestoweniger bis zum Tönen verengen lässt, und zwar dadurch, dass das andere Stimmband, und zwar oft in nicht ganz unbedeutendem Grade, über die Medianebene hinaus bewegt wird. Die Hauptwirkung hierbei scheint der

m. thyreo-arytaenoideus auszuüben. Er setzt sich, wenn man *thyreo-aryt. internus* und *externus* als einen Muskel zusammennimmt, in grosser Breite an den Giessbeckenknorpel an, während sein Ursprungsgebiet am Schildknorpel sich weniger weit von der Mittellinie entfernt. Wenn er sich also zusammenzieht, so wird er, da er mit seiner äusseren Partie den *processus vocalis* nach einwärts wendet, und der feste Punkt hinten in der Anheftung des *ligam. triquetrum* liegt, den Giessbeckenknorpel mit dem daran gehefteten Stimmbande über die Mittellinie hinausdrängen können. Sehr wirksam kann diese Action unterstützt werden durch die Wirkung des *m. arytaenoideus transversus*; denn denkt man sich die Fasern des *m. transversus* mit denen des *m. thyreo-arytaenoideus externus* über die Kante des Giessbeckenknorpels hin, oder durch dieselbe verbunden, so bildet dieses System eine Schlinge, welche den ganzen Giessbeckenknorpel, so weit er beweglich ist, in das Innere des Kehlkopfes hineinzieht. Es kann nur fraglich sein, in wie weit in den einzelnen Lähmungsfällen die Action des *m. aryt. transversus* durch die einseitige Lähmung unvollkommen geworden ist.

Das Hha[1] der Araber.

Czermak hat das Hha der Araber zuerst mittelst des Kehlkopfspiegels untersucht, und die ihm entsprechende Stellung beschrieben und abgebildet. (Der Kehlkopfspiegel und seine Verwerthung für Physiologie und Medicin, p. 54, Taf. II, Fig. 8. Leipzig 1860. Erste Auflage.)

Ich gehe hier auf diese dem Abendländer ungewöhnliche Kehlkopfstellung ein, weil sie durch die eigenthümliche Trennung der sogenannten *glottis vocalis* und *glottis respiratoria* das Interesse in Anspruch nimmt. Die *glottis respiratoria* ist nach hinten zu am weitesten, und verengt sich gegen die Stimmfortsätze zu, welche einander nahe gegenüber stehen, und hier ausnahmsweise den engsten Theil der Stimmritze ausmachen, dann erweitert sich wieder die *glottis vocalis* etwas gegen die Mitte

[1] Vergleiche Brücke l. c. p. 337 und Grundzüge der Physiologie und Systematik der Sprachlaute v. E. Brücke. Wien 1856, p. 9.

der Stimmbänder, indem die letzteren gegen die Medianebene hin schwach concav sind. Die Giessbeckenknorpel sind also nach hinten zu weit von einander entfernt, und das *lig. triquetrum* kann desshalb auch nicht mit seinen Fasern parallel der Medianebene liegen, es muss von derselben ab nach aussen gezerrt sein.

Damit sich die Giessbeckenknorpel hinten von einander entfernen können, ist es nöthig, dass die *arytaenoidei transversi* erschlafft seien, wie bei der weit offenen Stimmritze. Die Entfernung der Giessbeckenknorpel von einander wird auch hier zu Stande kommen durch das Zusammenwirken des *m. crico-aryt. posticus* und *lateralis*, indem sie den Giessbeckenknorpel auf der abschüssigen Gelenkfläche des Ringknorpels herunterschleppen. Aber die Drehung des Giessbeckenknorpels um die senkrechte Axe ist hier entgegengesetzt derjenigen, welche wir bei der weit offenen Stimmritze kennen gelernt haben. Es muss desshalb hier der *m. crico-arytaenoideus lateralis* stärker wirken, und die drehende Componente des *m. crico-arytaenoideus posticus* überwinden. Nur daraus ist das scharfe Vorspringen des Stimmfortsatzes erklärlich. Man könnte glauben, dass er hierbei vom *m. thyreo-arytaenoideus externus*, vielleicht auch vom *stratum externum* des *thyreo-arytaenoideus internus* unterstützt würde. Ich halte aber dieses nicht für wahrscheinlich. Durch die Anspannung der *M. thyreo-arytaenoidei* müssen die Stimmbänder immer in ihrer ganzen Länge gegen einander gedrängt werden. Beim Hha der Araber ist aber, wie wir gesehen haben, das Stimmband gegen die Medianebene mehr oder weniger concav. Es fällt im Kehlkopfspiegelbilde sogleich auf, dass die *cornua laryngis* verhältnissmässig nahe bei einander stehen, dass also die Giessbeckenknorpel unten weiter von einander entfernt sein müssen, als oben. Zugleich ist der Kehldeckel ziemlich weit herabgesenkt, und der Kehlkopfeingang verengt. Diese Erscheinungen lassen in ihrer Gesammtheit keinen Zweifel über ihre Ursache. Die *M. arytaenoidei obliqui* und ihre Fortsetzung die *M. ary-epiglottici* haben sich mässig contrahirt.

Wir haben also hier contrahirte *obliqui* bei erschlafften *transversis*, während wir beim einfachen Stimmritzen-Verschluss auf contrahirte *transversi* und erschlaffte *obliqui* geschlossen haben.

Über den Verschluss der oberen Kehlkopföffnung.

Die obere Kehlkopföffnung wird verschlossen dadurch, dass die Giessbeckenknorpel einander genähert werden, und der Kehldeckel sich gegen sie herabsenkt. Nach Czermak legt sich dabei der untere, polsterartig vorspringende Theil des letzteren, der Wulst, auf die gegen einander angenäherten oberen Stimmbänder. Über die Wirkung eines Muskels kann hier kein Zweifel vorhanden sein, über die Wirkung nämlich des *m. arytaenoideus obliquus* und seiner Fortsetzung des *m. ary-epiglotticus*. Diese Muskeln beider Seiten bilden mit Einschluss des Kehldeckels eine Schlinge in Form einer Drosselsprenkel, welche den Kehldeckel senkt, und die Umgrenzungen des Kehlkopfeinganges zusammenschnürt.

Die Annäherung der oberen Stimmbänder muss bewirkt werden durch den *m. thyreo-arytaenoideus externus*, dessen obere Ansätze an den Giessbeckenknorpel bis über das hintere Ende des falschen Stimmbandes aufsteigen, dann auch durch das *stratum thyreo-membranosum* und das *stratum ary-membranosum*. Diese an der Aussenseite des *Sinus Morgagni* und der wahren und falschen Stimmbänder liegenden Fasermassen müssen, wenn sie sich zusammenziehen, indem sie sich gerade richten, beziehungsweise verdicken, Alles, was von ihnen nach innen liegt, gegen die Medianebene hindrängen.

Man muss annehmen, dass beim Verschluss der oberen Kehlkopföffnung auch der *m. thyreo-epiglotticus major* und *minor*, so weit sie vorkommen, und das *stratum thyreo-membranosum* ersetzen, mitwirken; denn, wenn sie sich contrahiren, müssen sie die *epiglottis* in ihrer ganzen Masse nach abwärts ziehen.

Es ist beim Verschluss der oberen Kehlkopföffnung zu berücksichtigen, dass die *cornua laryngis* einander genähert, und die *M. ary-epiglottici* fest zusammengezogen sind; dadurch liegen nicht nur die Ursprünge des *stratum thyreo-membranosum*, sondern auch die Endigungen desselben im *ligamentum ary-epiglotticum* nahe der Medianebene. Luschka und Merkel lassen denselben Muskel bei der weiten Öffnung des Kehlkopfes

mitwirken. Es sind aber dabei die Verhältnisse wesentlich andere.

Luschka betrachtet die zum *ligam. ary-epiglotticum* gehenden Fasern des *m. stylo-laryngeus*[1] auch als einen Erweiterer der oberen Kehlkopföffnung. Ich habe beim tiefen und kräftigen Einathmen eine deutliche Concavität zwischen dem freien Rande des *lig. ary-epiglotticum* und dem falschen Stimmbande gesehen, und kann mir wohl denken, dass die an der betreffenden Stelle im Bindegewebe endigenden Bündel des *stylo-laryngeus* diese Concavität hervorbringen, indem sie nach aussen und oben ziehen, und ihre nach aufwärts ziehende Componente im *stratum thyreo-membranosum* einen Antagonisten findet, so dass nur die nach auswärts ziehende Componente die gesagte Wirkung hervorbringt.

Anhang.

Zum Schlusse will ich, wie schon gesagt, noch Genaueres über die Anfertigung meiner mikroscopischen Präparate angeben.

Behufs der Härtung wurde hauptsächlich entweder eine weinfarbene Lösung von Chromsäure in Wasser, oder Alkohol 95% gebraucht. Auch habe ich Schnitte von getrockneten Kehlköpfen angefertigt. Zu diesem Zwecke wurden Kehlköpfe, entweder in einer nicht sehr concentrirten Chlornatriumlösung, der eine geringe Quantität Essigsäure beigesetzt war, gekocht, und dann längere Zeit an der Luft getrocknet; oder einfach in Chlornatrium $1^1/_2$ Wochen liegen gelassen, und dann einige Zeit der

---

[1] Der *m. stylo-laryngeus* ist die stärkere Portion des *m. stylo-pharyngeus*, dessen schwächere der *m. pharyngo-tonsillaris* ist. Er zerfällt in die *pars thyreoidea*, *epiglottica* und *ary-epiglottica*. Letztere geht durch die *plica ary-epiglottica* bis zum unteren Theile des Winkels der *cart. thyreoidea*. Es sollen nach Luschka manchmal auch Bündel zum oberen Rande der *cartilago cricoidea* gehen. (Luschka, l. c. Taf. VII, Fig. I. 14, auch Fig. XIII. 13.)

Luft ausgesetzt, und später eine zeitlang täglich mit Kreosot angestrichen.

Die getrockneten Kehlköpfe wurden geschnitten, ohne bevor eingebettet gewesen zu sein.

Die in Alkohol oder Chromsäurelösung, ein bis zwei Wochen lang, gehärteten Präparate wurden in Paraffin eingebettet. Da aber in Folge der Härtung durch Schrumpfung der mittlere Theil des Stimmbandes eingesunken erscheint, und niedriger liegt, als dessen vorderer und hinterer Theil, so mussten natürlich die Schnitte, die in horizontaler Ebene geführt wurden, nicht überall in gleicher Höhe sein, wenn sie sehr dünn ausfallen sollten. Um diesen Umstand zu beseitigen, und um die Schnitte genau durch das Stimmband im engeren Sinne des Wortes zu führen, habe ich vor den letzten Einbettungen den vorderen und hinteren Insertionspunkt der Stimmbänder in einer Schachtel durch Fäden angespannt, so dass das Stimmband im engeren Sinne des Wortes gerade ausgespannt, und scharf begrenzt war, und dann erst in derselben Schachtel das Präparat eingebettet.

Von den Härtungsmethoden bewährte sich am meisten die in Chromsäurelösung. In einigen Fällen war es nothwendig die Präparate darnach noch in absoluten Alkohol auf einige Tage zu legen.

Die Schnitte wurden der ganzen Procedur der einfachen Färbung in Carminlösung (eine Woche), oder der doppelten Carmin- und Picrinsäurefärbung unterworfen, hinreichend entwässert, und dann in Nelkenöhl geklärt (5—6 Tage).

Behufs der Einschliessung verfertigte ich mir folgende Deckgläser. Ich nahm gewöhnliche, nur etwas breitere Objectgläser und kittete darauf vier schmale Glasleisten im Viereck aneinander. Als Deckgläser wurden kleinere Objectgläser verwendet, die genau auf dieses Viereck passten. Zum Kitten habe ich alle möglichen Kitte und Cemente für Glas und Porzellan, die im Handel existiren, versucht.

Am Besten fand ich den amerikanischen Cement und den Wiener Universalkitt. Ersterer ist aber zu umständlich und gibt, da die angefertigten Objectgläser, damit die Trocknung gleichmässiger zu Stande komme, erwärmt werden müssen, leicht Risse und Sprünge, was später durch die hineintretenden Luft-

blasen für das Präparat fatal werden kann. Letzterer wird einfach mit einem Pinsel aufgetragen, hält auch sehr gut, braucht nicht erwärmt zu werden, und wird auch vom Nelkenöhl nicht angegriffen. In letzterer Zeit habe ich bei Anfertigung der Objectgläser ausschliesslich nur diesen Kitt angewandt, indem ich, nachdem die Glasleisten schon angetrocknet waren, noch die Stellen, wo Spalten und Ritzen sein könnten, von aussen und innen mit diesem Kitte angestrichen. Hernach wurde der viereckige Raum mit einer syrupartigen Flüssigkeit, bestehend aus Mastix in Nelkenöhl, angefüllt und das Präparat hinübergetragen.

Zur Anfertigung dieser Mastixlösung nimmt man anfangs Mastix und Nelkenöhl zu gleichen Theilen, und lässt dieses Gemisch ein oder zwei Wochen an einem warmen Orte stehen, und setzt allmälig noch Mastix zu, bis man eine dicke, syrupartige, zähe Masse erhält. Beim Herumrühren der Mastixtheilchen in der Masse, oder beim Hinübertragen derselben auf den Objectträger müssen Luftblasen vermieden werden. Ebenso müssen die Luftblasen sorgfältigst vermieden werden beim Auflegen des Deckglases.

Man sieht sich das Präparat unter geeigneter Vergrösserung an, und lässt es dann einige Tage stehen. Haben sich bis dahin keine Luftblasen gezeigt, so kann der Verschluss vorgenommen werden. Zu diesem Zwecke habe ich anfangs den amerikanischen Cement angewandt, ihn allein aber ungenügend gefunden, und musste ihn noch mit irgend einer anderen erhärtenden Masse zu bedecken trachten. Zu diesem Zwecke wendete ich anfangs Bologneser Kreide in Leim gekocht an, was beim Trocknen eine ziemlich compacte Schichte bildet, dabei aber dennoch den Zutritt der Luft nicht vollständig verhindert.

Letzterer liess sich aber so ziemlich beseitigen, wenn diese Masse noch mit einer Gelatinelösung überstrichen wurde. Besser als dieses fand ich eine Mischung von Magnesia und Wasserglas, was zu einer fast unverwüstbaren Masse erstarrt, aber dennoch eines Bedeckungsmittels zur Verhinderung von nachträglichem Lufteintritt unter das Deckglas erfordert. Als solches brauchte ich eine Lösung von Kautschuk und Mastix in Chloroform (auch ein Glaskitt), womit sich die weisse Magnesiawasserglasmasse, wie mit einem Firniss bedeckte. Dieses Verfahren ist sehr an-

nehmbar, und es sind auch die meisten meiner Präparate, von denen viele schon über ein halbes Jahr alt, und bis jetzt noch ohne, oder fast ohne Luftblasen sind, so angefertigt.

Was die Schwierigkeiten betreffs der Verhütung des Eindringens von Luftblasen anbelangt, stellte sich heraus, dass bei Anwendung der richtigen Concentration (dicke, zähe, syrupartige Masse) der Mastix-Nelkenöhllösung sich, bei sehr sorgfältigem Verschluss, gar keine Blasen mehr einstellten. In der letzten Zeit, wo ich diese Mastix-Nelkenöhllösung in der richtigen Proportion angefertigt habe, konnte ich sowohl der Kreideleim-, sowie auch der Magnesiawasserglasmasse nebst den dazu gehörenden Firnissen entbehren, und wendete statt dessen nur den Wiener Universalkitt auch als Verschlussmittel an. Hat man sich also nur die richtige Mastix-Nelkenöhllösung angefertigt, so kommt man, wie es scheint, ganz gut mit dem erwähnten Kitte, als Klebe- und Verschlussmittel aus.

STANFORD IND.

Fig. 1.

Privat Dr. Rühlmann lith. Dr. Hertzmann jun.

Erklärung der Abbildungen.

Fig. I. Naturgetreue Abbildung eines Längsdurchschnittes durch das Stimmband eines erwachsenen Menschen gleich unterhalb des Niveau der *chorda vocalis* im engeren Sinne des Wortes. 4-, 8fache Vergrösserung.

a. cartilago thyreoidea.

b. cart. arytaenoidea.

c. Theil des *processus vocalis* } *c. arytaenoideae.*

d. proc. muscularis }

e. cart. cricoidea.

f. „faserknorpeliger Wulst" im Winkel der *cart. thyreoidea.*

g—g. ligamentum vocale.

h. Schleimhaut der hinteren Wand der *glottis* mit eingestreuten Drüsengruppen.

i. ligamentum triquetrum.

1. *stratum internum musculi thyreo-arytaenoidei interni.*

2, *stratum externum musculi thyreo-arytaenoidei interni.*

3. *musculus thyreo-arytaenoideus externus.*

4. *musculus arytaenoideus transversus.*

Fig. II. Abbildung eines Längsdurchschnittes durch das Stimmband einer erwachsenen Katze unterhalb des Niveau der *chorda vocalis* im engeren Sinne des Wortes. Stellenweise aus anderen Präparaten vom selben Kehlkopf ergänzt. 7fache Vergrösserung.

a. cart. thyreoidea.

b. cart. arytaenoidea.

c. proc. vocalis } *c. arytaenoideae.*

d. proc. muscularis }

e. cart. cricoidea.

f. Winkel der *cart. thyreoidea.*

g. ligamentum vocale.

h. Schleimhaut der hinteren Wand der *glottis.*

i. ligamentum triquetrum.

1. Stimmbandmuskel der Katze oder *stratum internum musculi thyreo-arytaenoidei interni.*

2. *stratum externum musculi thyreo-arytaenoidei interni.*

3. *musculus thyreo-arytaenoideus externus.*

4. *musculus arytaenoideus transversus.*

XIV. SITZUNG VOM 21. MAI 1874.

Der Secretär theilt Dankschreiben mit von dem naturwissenschaftlichen Vereine für Sachsen und Thüringen zu Halle, für das Glückwunsch-Telegramm, welches ihm die Akademie zur Feier seiner 25jährigen Thätigkeit zugehen liess, und vom Herrn Dr. J. Barrande für die ihm zur Fortsetzung seines Werkes: „Système silurien du centre de la Bohême“ neuerdings bewilligte Subvention von 1500 fl.

Herr Prof. Dr. Ew. Hering in Prag übersendet eine Abhandlung: „Zur Lehre vom Lichtsinne. VI. Mittheilung: Grundzüge einer Theorie des Farbensinnes.“

Herr Regierungsrath Dr. Fr. Rochleder macht folgende, für den Anzeiger bestimmte vorläufige Mittheilungen: 1. „Untersuchung der Aloë“, von den Herren Dr. E. v. Sommaruga und Egger. — 2. „Untersuchung der Chrysophansäure und des Emodin“, vom Herrn Skraup. — 3. „Über die Einwirkung von Cyankalium auf Dinitrobenzoësäure“, von den Herren v. Sommaruga und Skraup. — 4. Untersuchung des Lakmus“, von den Herren Rochleder und Skraup, und 5. „Über Chinovasäure“, von denselben.

Herr Hofrath Dr. H. Hlasiwetz übermittelt eine Abhandlung des Herrn Ph. Weselsky: „Über die Darstellung von Jodsubstitutionsproducten nach der Methode mit Jod und Quecksilberoxyd.“

Herr Prof. R. Niemtschik übersendet eine Abhandlung: „Über die Construction der Linien zweiter Ordnung, welche zwei, drei oder vier Linien derselben Ordnung berühren.“

Herr Regierungsrath K. v. Littrow theilt mit, dass der am 17. v. M. von Coggia in Marseille entdeckte Komet, nach Dr. Holetschek's Rechnungen, beiläufig für die Mitte Juli eine auch dem freien Auge auffällige Erscheinung bieten wird.

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Annalen (Justus Liebig's) der Chemie und Pharmacie. N. R. Band 96, Heft 1. Leipzig & Heidelberg, 1874; 8°.

Annales des mines. VIIe Série. Tome IV. 6me Livraison de 1873. Paris; 8°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Tome LXXVIII, Nr. 18. Paris, 1874; 4°. — Tables. 2me Semestre 1873. Tome LXXVII. 4°.

Gesellschaft, österr., für Meteorologie: Zeitschrift. IX. Band, Nr. 10. Wien, 1874; 4°.

Journal für praktische Chemie, von H. Kolbe. N. F. Bd. IX, 6., 7. & 8. Heft. Leipzig, 1874; 8°.

Kasan, Universität: Bulletin et Mémoires. 1873, Nrs. 4—6. Kasan, 1873; 8°.

Landbote, Der steirische. 7. Jahrgang, Nr. 10. Graz, 1874; 4°.

Mayer, J. R., Die Mechanik der Wärme in gesammelten Schriften. (Zweite umgearbeite und vermehrte Auflage.) Stuttgart, 1874; 8°.

Mittheilungen des k. k. techn. & administr. Militär-Comité. Jahrgang 1874, 5. Heft. Wien; 8°.

— aus J. Perthes' geographischer Anstalt. 20. Band, 1874. Heft V, nebst Ergänzungsheft Nr. 36. Gotha, 1874; 4°.

Nature. Nr. 237, Vol. X. London, 1874; 4°.

Revista de la Universidad de Madrid. 2^a Epoca. Tomo I. Nr. 5. Madrid, 1873; gr. 8°.

„Revue politique et littéraire" et „Revue scientifique de la France et de l'étranger." IIIe Année, 2me Série, Nr. 46. Paris, 1874; 4°.

Société Impériale des Naturalistes de Moscou: Bulletin. Tome XLVI. Année 1873, Nr. 4. Moscou, 1874; 8°.

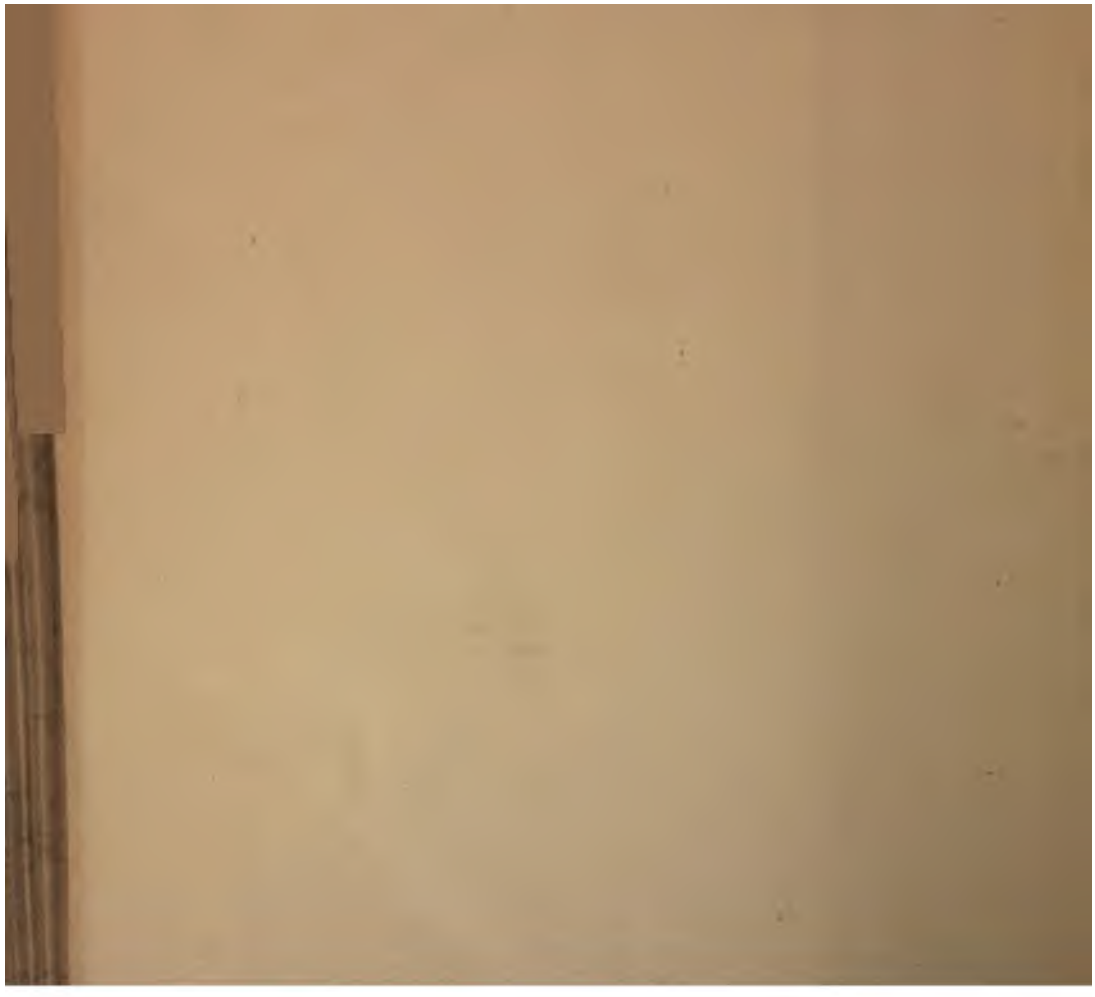
Society, The Royal Astronomical, of London: Monthly Notices. Vol. XXXIV, Nrs. 5 & 6. London, 1874; 8°.

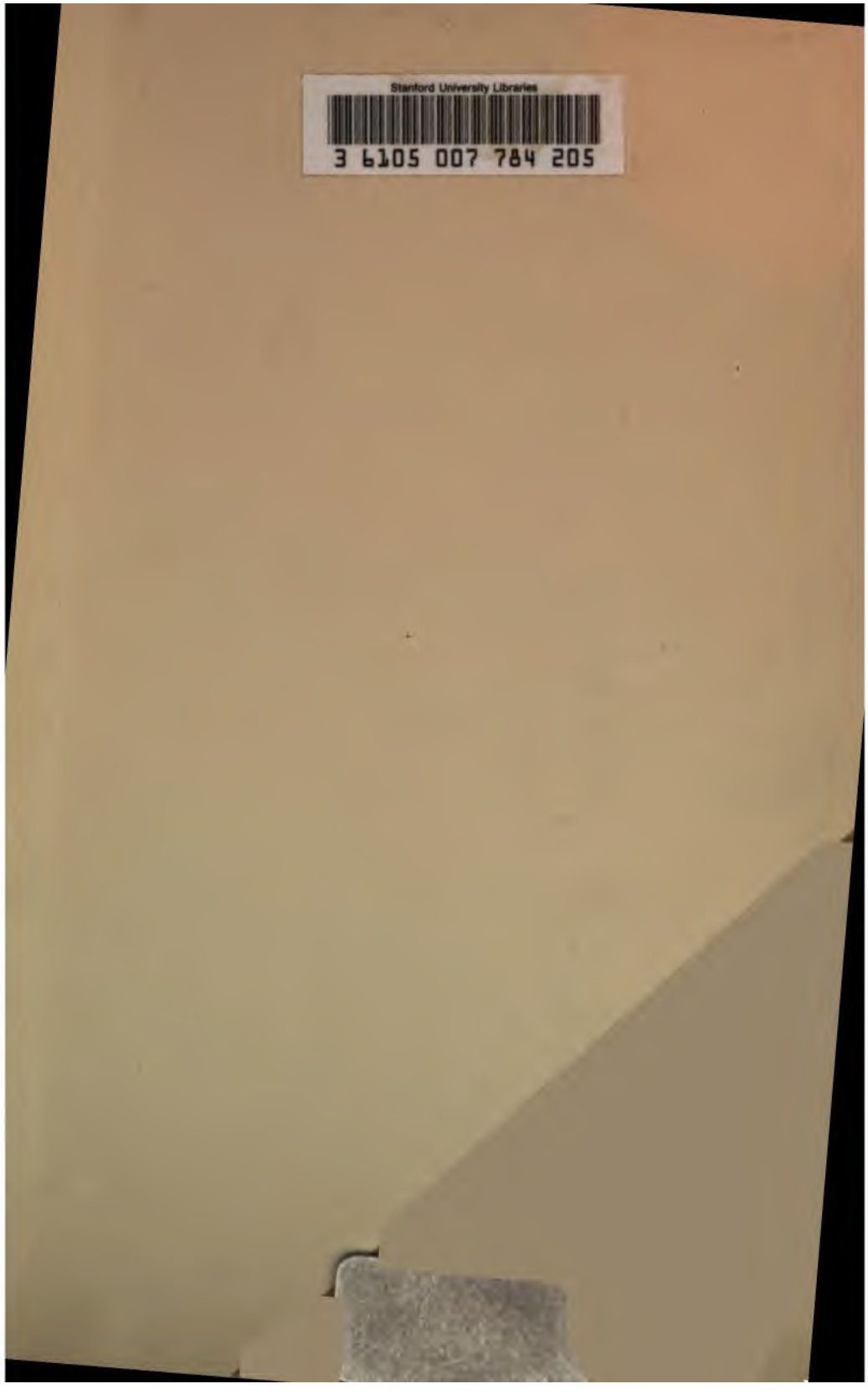
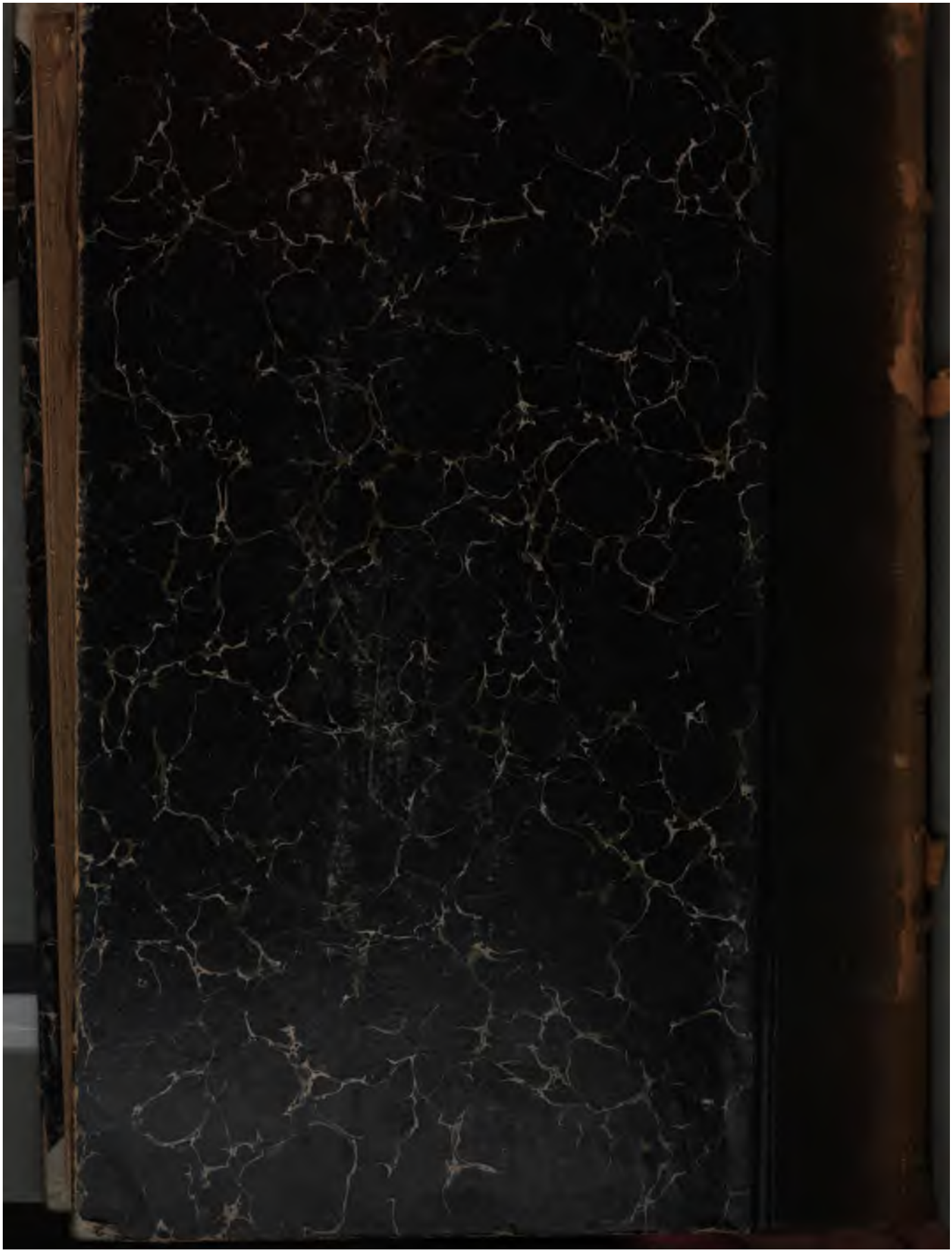
Verein für siebenbürgische Landeskunde: Archiv. N. F. XI. Bd., 1. & 2. Heft. Hermannstadt, 1873; 8°. — Jahresbericht für 1872/3. Hermannstadt; 8°. — Die Mediascher Kirche, von Karl Werner. Hermannstadt, 1872; 8°. — Martin von Hochmeister, von Adolf v. Hochmeister. Hermannstadt, 1873; 8°.

Verein, naturwissenschaftlicher, für Sachsen und Thüringen: Zeitschrift für die gesammten Naturwissenschaften. N. F. 1873. Band VII. Berlin; 8°.

Wiener Medizin. Wochenschrift. XXIV. Jahrgang, Nr. 20. Wien, 1874; 4°.

Zürich, Universität: Akademische Gelegenheitsschriften aus den Jahren 1872—1874. 4° & 8°.




Stanford University Libraries
3 6105 007 784 205